Schmiermittel

Heinrich Rupprecht

Bibliothek der gesamten Technik. • 86. Band.

Schmiermittel

Ihre Herstellung Verwendung und Untersuchung

Von

Dipl.-Ing. Heinrich Rupprecht

Verantwortlicher Redakteur der „Techn. Rundschau des Berliner Tageblatts"
und der „Zeitschrift für Dampfkessel- und Maschinen-Betrieb"
(Organ der preußischen Dampfkessel-Überwachungs-Vereine) in Berlin

Mit 59 Abbildungen im Text

Hannover
Dr. Max Jänecke, Verlagsbuchhandlung
1908

Vorwort.

Das vorliegende Werkchen beabsichtigt, einen Überblick zu geben über das gesamte Gebiet der Schmiermittel und geht insbesondere von dem Standpunkt aus, den in der Praxis stehenden Industriellen, den Betriebsleitern, sowie den Gewerbetreibenden der verschiedensten Gebiete und allen sonstigen allgemein auf dem Gebiete des Schmiermittelwesens Interessierten die Möglichkeit zu bieten, in ihren Betrieben eine rationelle Schmierung bewirken zu können. Bekanntlich ist gerade auf dem Schmiermittelmarkt neben viel brauchbarem doch das Angebot minderwertiger Produkte sehr häufig zu finden; andrerseits ist die Beurteilung allein nach dem Preis durchaus unzuverlässig, da selbst hoch im Preis stehende Schmiermittel entweder für den betreffenden Zweck ungeeignet sind und daher zu teuer kommen bzw. auch minderwertiges Fabrikat sein können, oder aber, wie die auf Seite 263 angeführten Beispiele zeigen, im Angebot scheinbar sehr teure Schmiermittel infolge ihrer rationellen Schmierwirkung dem Verbraucher billiger zu stehen kommen als unter Umständen das im Angebotpreis billigste Schmiermaterial.

Über alle diese Verhältnisse will das Buch dem Leser Aufschluß geben und damit den Verbraucher in den Stand setzen, sich unabhängig von den berechtigten oder unberechtigten Anpreisungen der

Lieferanten ein richtiges Urteil über die Schmiermittel bilden zu können und das für seinen Betrieb am besten geeignete Fabrikat herauszufinden. — Aber auch die Schmiermittelfabrikanten dürften ein Interesse daran haben, daß die Verbraucher in die Lage versetzt werden, das Angebotene unparteiisch prüfen und Gutes vom Schlechten unterscheiden zu können.

Diesen Gesichtspunkten sucht das Werk nach Möglichkeit Rechnung zu tragen; leider erfordert der beschränkte Raum in manchen Punkten eine möglichst knappe Fassung, doch dürfte dies dem Gesamtinhalt keinen Eintrag tun, zumal die Verlagsanstalt auch hinsichtlich der Ausstattung, insbesondere in bezug auf Herstellung guter Abbildungen, keine Mittel gescheut hat, dem Leser etwas Gediegenes zu bieten.

Möge das Werkchen den Wunsch erfüllen, mit dem ich es der Öffentlichkeit übergebe und allen denen, die in der Schmiermittelindustrie interessiert sind, zu Nutz und Frommen gereichen sowie Anregung geben zu weiterer Forschung auf diesem Gebiete, wie auch der Verfasser und der Verlag für die Angabe weiterer Gesichtspunkte, die eventuell in der nächsten Auflage berücksichtigt werden sollen, stets dankbar sein werden.

Berlin, im April 1908.

Hch. Rupprecht.

Inhaltsverzeichnis.

I. Allgemeines.

1. Zweck der Schmierung.

Der Zweck der Schmierung ist der, zwischen zwei sich auf- oder umeinander bewegenden Körpern die Reibung möglichst zu vermindern, um einesteils für die Bewegung einen geringeren Kraftaufwand zu erzielen, andernteils die Abnutzung an den sich bewegenden Teilen auf ein Minimum zu beschränken. Dieser Anforderung wird durch die Schmiermittel in zweierlei Weise genügt, die von der Beschaffenheit des Schmiermaterials abhängt.

Bei den meisten Schmiermitteln, insbesondere bei allen flüssigen und teigartigen Schmiermaterialien, wird die Verminderung der Reibung dadurch bewirkt, daß sich um die gegeneinander verschiebenden Körper A und B (Fig. 1a Seite 13) dünne Schichten des Schmiermaterials bilden derart, daß die in der Figur übertrieben dargestellten Unebenheiten der aufeinander gleitenden Flächen zunächst in den schraffierten Teilen mit Öl ausgefüllt werden und dann noch die punktiert angedeutete Ölschicht zwischen beiden Körpern liegt. Bei Bewegung der Körper A und B in der Pfeilrichtung bewegen sich nun diese Schmiermittelschichten aufeinander längs der Fläche a b und somit wird die Reibung zwischen den sich bewegenden Teilen, d. i. zwischen zwei festen Flächen, auf eine weit geringere Reibung zwischen den Schmiermaterialschichten, d. i. im allgemeinen zwischen flüssigen Körpern, umgesetzt. Die Flächenreibung ist also infolge der Schmierung durch die *innere Reibung* des jeweiligen Schmiermaterials ersetzt und es ist daher schon jetzt ersichtlich, daß die Größe der inneren Reibung eines Schmiermittels von wesentlichem Einfluß ist auf die Schmierfähigkeit. Allerdings ist

man dabei auch gewissen, durch die jeweiligen Umstände bedingten Beschränkungen unterworfen, so daß man z. B. nicht ohne weiteres das Schmiermittel, bei dem die innere Reibung am geringsten ist, als das günstigste und schmierfähigste bezeichnen kann, wie sich aus folgenden Betrachtungen ergibt.

Die von dem Schmiermaterial auf den sich bewegenden Teilen gebildeten Hautschichten müssen dem Druck, der zwischen den aufeinander gleitenden Flächen herrscht, standhalten, das heißt, die einzelnen Moleküle des betreffenden Schmiermittels müssen eine derartige Kohäsion, zu deutsch innere Anziehungskraft, besitzen, daß sie durch den Druck nicht auseinandergetrieben werden und unter den Flächen heraustreten. Die Kohäsion wird bei den Schmiermitteln als Zähflüssigkeit oder Viskosität bezeichnet und ist, wie aus dem Vorstehenden ersichtlich ist, einer der maßgebendsten Faktoren. Die Viskosität muß den jeweiligen Betriebsverhältnissen entsprechen. In dieser Beziehung ist sowohl der zwischen den zu schmierenden Teilen herrschende Druck von Einfluß als auch die Temperatur dieser Teile und die Geschwindigkeit, mit der sie sich bewegen. Die Viskosität muß also einerseits so groß sein, daß sie der Pressung standhält und damit ist für den jeweiligen Fall die untere Grenze gegeben, andrerseits darf sie auch eine gewisse Größe nicht überschreiten, da sonst die innere Reibung, also die Reibung der vorerwähnten Schmierhautschichten aufeinander, zu sehr wächst und der praktische Wert dadurch in Frage gestellt würde. Sie steht also in so naher Beziehung zur Schmierfähigkeit des betreffenden Schmiermittels, daß man aus ihr wohl zutreffende Schlüsse auf Brauchbarkeit und Wert eines Schmiermittels ziehen kann, vorausgesetzt, daß die Bestimmung bei der in Betracht kommenden Temperatur ausgeführt ist. —

Die Temperatur der zu schmierenden Teile ist insofern von Einfluß, als bei steigender Temperatur die Schmiermittel, soweit es sich um die für die obengenannte erste Art der Schmierwirkung handelt, leichtflüssiger werden, die Viskosität also abnimmt und Gefahr entsteht, daß das betreffende Schmiermittel der zwischen den Teilen herrschenden Pressung nicht mehr standhält. — Die Geschwindigkeit der sich bewegenden Teile ist insofern von Einfluß, als ihre Zunahme auch eine erhebliche Vermehrung der inneren Reibung des Schmiermittels zu Folge hat.

Ferner muß das Schmiermittel die Eigenschaft haben, genügend fest an den Flächen der sich bewegenden Teile zu haften. Dieses ist auch noch ein wesentlicher Faktor und zwar bezeichnet man diese Eigenschaft des Schmiermaterials mit Schlüpfrigkeit, das heißt, die Adhäsion, mit der die Schmiermittel an den zu schmierenden Flächen haften. Die Beziehungen, die zwischen Viskosität und Schlüpfrigkeit einerseits und Druck, Temperatur und Geschwindigkeit andrerseits bestehen, lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Die äußere Reibung ist um so geringer, je größer die Schlüpfrigkeit ist.

Die innere Reibung ist um so geringer, je kleiner die Viskosität ist.

Die absolute Schmierfähigkeit ist um so größer, je größer die Schlüpfrigkeit und die Viskosität sind.

Die relative Schmierfähigkeit ist um so größer, je größer die Schlüpfrigkeit und die Viskosität sind. (Dies gilt bis zu jener Grenze, bei welcher der Vorteil des geringeren Verbrauches an Schmiermaterial den Nachteil der größeren inneren Reibung gerade überwiegt.)

Je höher die Temperatur steigt, desto kleiner werden Schlüpfrigkeit und Viskosität.

Je größer der Druck wird, desto größer muß die Schlüpfrigkeit und desto größer die Viskosität sein.

Je größer die Geschwindigkeit ist, desto kleiner muß die Viskosität sein.

Es erfordern also:

Großer Druck bei geringer Geschwindigkeit eine große Viskosität und große Schlüpfrigkeit.

Großer Druck bei großer Geschwindigkeit eine kleinere Viskosität und große Schlüpfrigkeit.

Kleiner Druck bei geringer Geschwindigkeit eine große Viskosität und geringe Schlüpfrigkeit.

Kleiner Druck bei großer Geschwindigkeit eine kleinere Viskosität und geringe Schlüpfrigkeit.

Damit die Schmiermittel ihren Zweck richtig erfüllen, ist als weiterer wichtiger Faktor ihr Verhalten gegenüber den zu schmierenden Teilen in chemischer Hinsicht zu nennen. Diesbezüglich dürfen die Schmiermittel keinerlei Eigenschaften besitzen, durch die ein schädlicher Einfluß auf die zu schmierenden Flächen, d. h. ein Zersetzen dieser, ausgeübt wird. Die Schmiermittel müssen also dem Material der zu schmierenden Flächen gegenüber indifferent sein, vor allem säurefrei.

In chemischer Hinsicht kommen bei den Schmiermitteln, wenn sie ihren Zweck erfüllen sollen, noch folgende Faktoren in Betracht:

Der Flammpunkt, d. i. die Temperatur, bei der das betreffende Schmiermittel entflammbare Dämpfe bildet; er spielt besonders eine Rolle bei der Schmierung innerer Maschinenteile von Dampf- und sonstigen Wärmemaschinen, von Lagern und Wellen, die in mit Dampf oder heißen Gasen gefüllten Behältern liegen und dergleichen Fällen.

Die Kältebeständigkeit, d. h. die Temperatur, bei der das betreffende Schmiermittel erstarrt bzw. gefriert, also der Erstarrungspunkt; er ist besonders zu beachten bei der Schmierung von Teilen,

die sich im Freien befinden, naturgemäß in erster Linie in den kälteren Gegenden.

Das Harzen, insbesondere also auf Öle bezüglich. Dies ist ein Faktor, dessen Vorhandensein den Zweck des betreffenden Schmiermittels unter Umständen gänzlich vereitelt. Kein Schmiermittel darf in dünner Lage und bei längerer Einwirkung der Luft zu einer zähen firnisartigen Schicht eintrocknen, da es dadurch einerseits seine Schmierfähigkeit einbüßt, anderseits die zu schmierenden Teile schädigt, bzw. die zu seiner Übertragung dienenden Organe, z. B. Dochte und Packungen, unbrauchbar macht.

Die Beständigkeit, d. h. das Schmiermittel darf sich bei längerem Lagern an der Luft nicht verändern.

Der Wassergehalt, der insbesonders bei Dochtschmierung schädlich wirkt, da durch etwa vorhandenes Wasser die Saugfähigkeit der Dochte stark beeinträchtigt wird.

Verunreinigungen und Beimengungen anderer Substanzen. Erstere sind, bis auf ganz geringe Ausnahmen, ob gelöste oder ungelöste, fette oder schleimige Bestandteile, vollständig auszuschließen. Letztere weisen meisten auf Verfälschungen hin, d. h. sind absichtlich zur Täuschung der Verbraucher hinzugesetzt.

Schließlich bildet noch das spezifische Gewicht einen Faktor zur Wertbemessung der Schmiermittel, inbesondere bei Ölen, wobei im allgemeinen die spezifischen Gewichte sich umgekehrt proportional der Flüchtigkeit des Schmiermaterials verhalten und die Farbe, letztere allerdings nur bei Ölen, da z. B. im allgemeinen helle Mineralöle schmierfähiger sind als wesentlich dunklere von gleicher Zähflüssigkeit, während z. B. bei Pflanzenölen helles gereinigtes Pflanzenöl weniger säuert und harzt als die gleiche rohe und dunklere Sorte.

Die vorstehenden Auseinandersetzungen beziehen sich im wesentlichen auf diejenigen Schmiermittel, die ihren Zweck der Schmierung gemäß den Erörterung auf Seite 7 dadurch erfüllen, daß sie die Reibung zwischen den sich bewegenden Teilen in die geringere Reibung zwischen den Schmiermittelschichten umsetzen. Nach diesem Vorgang wirkt, wie bereits bemerkt, die weitaus größte Zahl von Schmiermitteln, so daß man für die Praxis die zweite Art der Wirkung fast vernachlässigen könnte, doch sei sie der Vollständigkeit wegen hier kurz erläutert.

Die zweite Art der Schmierwirkung tritt lediglich bei trockenen, also festen Schmiermitteln auf, deren alleinige Anwendung allerdings eine sehr beschränkte ist. Sie besteht darin, daß durch das Schmiermittel die Poren in dem Material der sich aufeinander bewegenden Teile ausgefüllt werden. Jeder Körper, und sei er noch so fein poliert, hat auf seiner Oberfläche Erhöhungen und Vertiefungen, die natürlich je nach der Feinheit der Politur verschieden stark sind. Unter dem Mikroskop werden die glatten Oberflächen zweier aufeinander gleitenden Körper A und B die in Figur 1 (S. 13) dargestellte Form im Querschnitt ergeben. Würde man diese Flächen aufeinander gleiten lassen, so entstände eine beträchtliche Reibung, der Vorgang ließe sich z. B. übertrieben vergleichen mit dem Aufeinandergleiten von zwei Feilen. Bestreuen wir nun beide Körper mit einem pulverförmigen Schmiermittel, z. B. Graphitstaub, so werden alle Poren damit ausgefüllt, die Oberflächen werden glatt, wie Figur 1b (S. 13) zeigt, worin die schraffierten Stellen das Graphitpulver andeuten, und bei der gegenseitigen Bewegung ist natürlich die Reibung ziemlich vermindert. Es sei jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen, daß man von diesem Fall in der Praxis

wenig Gebrauch macht, da man, um bei dem Beispiel des Graphit zu bleiben, diesen meist mit Öl angerührt benutzt. Dieser Fall ist auch in Figur 1b dargestellt, indem die punktierte Zwischenlage die mit Öl umgebene Graphitpartikelchen darstellt und die Reibung innerhalb dieser Schicht in der Linie a b stattfindet bei Bewegung der Körper A und B in Richtung der Pfeile.

Fig. 1a: Reine Ölschmierung.

Fig. 1b: Schmierung mit Öl und Graphit.

2. Arten der Schmiermittel.

Die Arten der Schmiermittel sind so mannigfaltig, daß nur eine genaue systematische Einteilung einen klaren Überblick gewähren kann. Eine solche Einteilung läßt sich natürlicherweise von verschiedenen Gesichtspunkten aus aufstellen, und zwar kämen in Betracht: 1. Physikalische Beschaffenheit,

2. Verwendungszweck, 3. Chemische Bestandteile bzw. Rohstoffe. Von diesen drei Gesichtspunkten dürften nur die beiden ersten für den Rahmen dieses Buches in Frage kommen, in der Berücksichtigung, daß das Werk in erster Linie für die Verbraucher von Schmiermitteln zur Orientierung bestimmt ist. Der dritte Gesichtspunkt, der z. B. von Brunner seinem Werk „Die Fabrikation der Schmiermittel" zugrunde gelegt ist, scheidet für die Praxis des Verbrauchers vollständig aus, denn für ihn kommt in erster Linie das fertige Produkt in Betracht; über dieses, bzw. die überhaupt existierenden Schmiermittel, wird er sich zunächst orientieren, dann über deren Verwendbarkeit und erst in letzter Linie über die Zusammensetzung, deren Kenntnis für ihn hauptsächlich nur von Interesse ist, um die Untersuchungsmethoden der Schmiermittel auf ihre Brauchbarkeit nicht nur mechanisch ausführen zu lernen, sondern auch die Ursachen zu erkennen. Einer Einteilung nach dem Verwendungszweck, die allerdings für die Praxis recht vorteilhaft wäre, tritt die überaus große Mannigfaltigkeit der Verwendungsgebiete und das Ineinandergreifen verschiedener Gebiete hindernd entgegen, wodurch sich keine Einheitlichkeit erzielen läßt. Es bleibt somit die Einteilung nach der physikalischen Beschaffenheit übrig, die sich allerdings auch nicht mit absoluter Genauigkeit durchführen läßt. Denn die Trennung zwischen festem und flüssigem Zustand stößt mitunter auf Schwierigkeiten, wir haben z. B. Substanzen, die sich bei gewöhnlicher Temperatur in teigartigem Zustand befinden, während andere z. B. bei gewöhnlicher Temperatur fest sind, bei Temperaturerhöhung dagegen allmählich flüssig werden. Diese Differenzen lassen sich jedoch bei der Einteilung verhältnismäßig leicht überwinden, wenn man derselben eine bestimmte Temperatur

und zwar diejenige, die wir als gewöhnliche Temperatur bezeichnen können und die sich im allgemeinen mit der mittleren Jahrestemperatur in unseren Zonen deckt, zugrunde legt und vorausschickt, daß der bei dieser Temperatur jedem Laien als teigartig bekannte Zustand in vorliegendem Falle zu dem festen gezählt wird.

Gemäß obiger Auseinandersetzung lassen sich also flüssige Schmiermittel, die man im allgemeinen als Schmieröle bezeichnet, und feste Schmiermittel unterscheiden, wobei jede Gruppe wieder eine Reihe von Unterabteilungen gemäß nachstehender Aufstellung aufweist:

A. Flüssige Schmiermittel,
  1. Mineralöle,
  2. Pflanzenöle,
  3. Harzöle,
  4. Tierische Öle.

B. Feste Schmiermittel,
  a) Fette,
    1. Pflanzenfette,
    2. Tierische Fette,
    3. Mineralfett.
  b) Mineralien.

Die zu den einzelnen Gattungen gehörigen Sorten von Schmiermitteln seien in der Reihenfolge obiger Einleitung in dem folgenden Kapitel zusammen mit Eigenschaften und Herstellungsmethoden erläutert, während ihre Untersuchung und Verwendung besonderen Kapiteln vorbehalten ist.

II. Eigenschaften und Herstellung der Schmiermittel.

1. Flüssige Schmiermittel.

Die flüssigen Schmiermittel werden meist allgemein als Öle bezeichnet, streng genommen besteht vom chemischen Standpunkt aus ein Unterschied zwischen Ölen und flüssigen Fetten. Zu ersteren gehören vor allem die verschiedenen Mineralöle und Harzöle, während zu den flüssigen Fetten die

Schmiermittel von Tieren und Pflanzen gerechnet werden und zwar werden im allgemeinen jene, die von Tiere stammen, Trane und die dem Pflanzenreich entstammenden Schmiermittel Öle genannt.

a) Mineralöle.

Die zu Schmiermitteln verwendeten Mineralöle werden durch Destillation und Raffinieren aus den rohen Mineralölen hergestellt. Letztere erhält man einesteils als Naturprodukt unmittelbar aus der Erde in dem bekannten Erdöl, aus dem z. B. das Petroleum gewonnen wird, oder mittelbar durch trockene Destillation aus Steinkohlen, Braunkohlen, Holz, Torf und bituminösem Schiefer.

Die rohen Mineralöle scheidet man durch Destillation in leichte, dünne Öle (zu Lösungszwecken sowie als Brenn-, Beleuchtungs- und Putzöle) und in schwere, zähflüssige Öle, die ganz besonders als Schmieröle Verwendung finden. Letztere reinigt man durch Filtrieren oder durch Destillieren, Behandlung mit Schwefelsäure und Neutralisation durch Natronlauge. Diese Mineralschmieröle haben eine Reihe wertvoller Eigenschaften. — Sie greifen Metalle nicht an; sie lassen sich in jedem gewünschten Zähflüssigkeitsgrad herstellen (innerhalb der praktischen Grenzen), denn da sie bedeutende Mengen Paraffin in sich aufnehmen können, hat man es in der Hand, durch Vergrößerung der Paraffinmenge dickflüßigere Öle zu erzeugen. Ferner sind diese Öle im Preise billiger als die tierischen und pflanzlichen Öle und haben diese daher vielfach verdrängt. Sie bleiben an der Luft unverändert, bilden keine Säure, verdicken nicht und trocknen nicht ein. Ihre Schmierfähigkeit ist sehr gut, vor allem beim Schmieren äußerer Maschinenteile, wogegen allerdings gefunden wurde, daß sie bei durch Dampf oder dgl. erhitzten Maschinenteilen leicht versagen

und man sie in solchen Fällen mit tierischen und pflanzlichen Substanzen mischen muß. Sie verdunsten nämlich in der Wärme auch zum Teil. Die Farbe schwankt zwischen hellgelb, gelbrot und schwarzbraun. Die Mineralschmieröle sind leicht erkenntlich an dem phosphoreszierenden Schimmer im auffallenden Licht und dem eigentümlichen Geruch.

Die aus dem Erdöl erzeugten Mineralöle haben die Braunkohlen- und Schieferöle schon sehr verdrängt und die Bezeichnung Mineralöle, die eigentlich alle vorgenannten Arten umfaßt, ist heute in der Praxis, falls nichts ausdrücklich über die Herkunft dabei bemerkt wird, fast allgemein für die Fabrikate aus den Rückständen der Erdöldestillation üblich. Wir wollen daher diese als die wichtigsten und verbreitetsten an erster Stelle ausführlich behandeln.

1. Mineralschmieröle aus Rückständen der Erdöldestillation.

Erdöl, wofür auch in manchen Gegenden die Benennung Steinöl oder Bergöl üblich ist, bezeichnet nach H. Höfer entweder die ganze Gruppe der flüssigen Bitumina oder nur jene Arten, die am häufigsten vorkommend, den gewöhnlichen Grad der Beweglichkeit haben, während die zähflüssigen als Erdteer abgetrennt werden. Zum Unterschied von den aus dem Raffinationsprozeß gewonnenen Produkten wird das direkt der Erde entströmende Erdöl als Rohöl bezeichnet. Es ist nicht zu verwechseln mit Petroleum, ein Wort, das zwar in vielen Sprachen als synonym mit Erdöl gebraucht wird, jedoch allgemein für ein gewisses, aus letzterem erhaltenes Destillat (Leuchtöl oder Kerosin) angewendet und berechtigt ist. Neben der dem Griechischen entstammenden Bezeichnung Petroleum wird auch der dem Persischen entnommene Ausdruck

Naphtha an manchen Orten, namentlich in Galizien und Rußland, in dem gleichen Sinne wie Erdöl benutzt, während z. B. in Amerika und teils auch in Europa unter Naphtha leichtflüchtige Destillate des Erdöls verstanden werden. Um daher Verwechslungen vorzubeugen, macht Höfer nun den sehr zweckmäßigen Vorschlag, diesen Ausdruck überhaupt fallen zu lassen, was wir auch den Lesern empfehlen möchten. Von Interesse sind noch folgende fremdsprachlichen Ausdrücke für Erdöl und zwar: englisch = mineral oil oder crude oil, französisch = bitume liquide oder huile de naphte oder pétrole, slawisch = ropa oder ropianka, rumänisch = păcura oder pecureti, tscherkessisch = kúda, burmesisch = yenan, chinesisch = shi-yu und japanisch = sekinoyu oder kusodzu.

Die älteste Literatur über Bitumina finden wir in der Bibel, wo z. B. schon berichtet wird, daß Noah seine Arche mit Asphalt dichtete. Zahlreiche Erwähnungen finden sich bei den Arabern, Griechen usw. Auch die Verwendung als Schmieröl war nach Plinius bereits zu dessen Zeiten (23—79 n. Chr.) bekannt. Petroleumfunde werden aus dem Altertum berichtet z. B. aus der Gegend von Babylon, am Euphrat in Nord-Syrien, in Persien, am Toten Meer, Arabien, Indien, Sizilien, Insel Zante, Peleponnes, Äthiopien und bei Karthago.

Bezüglich der heute in Ausbeutung genommenen Fundstätten ist als eine der ältesten die Galizische Petroleumindustrie zu nennen, die heute in bezug auf Ausbeute unter den erdölführenden Ländern der Erde den dritten Rang einnimmt, während sie für Europa an erster Stelle steht. Galizisches Petroleum war schon im Jahre 1506 bekannt, über seine erste Verwendung in der Schmiermittelindustrie berichtet Dr. H. Gintl 1771 in seiner Schrift über „die Konkurrenzfähigkeit des galizischen Petroleums“,

aus dem die Bauern von Sloboda den Erdteer gewannen und als Wagenschmiere verwendeten. 1810 wurden dort Erdöl, Erdteer und Asphalt zum erstenmal offiziell erwähnt, indem sie dem Bergregal unterworfen wurden. Als Vater der galizischen Ölindustrie bezeichnet Höfer[1]) den damaligen Apothekerprovisor Ign. Lukasiewicz in Lemberg und berichtet darüber folgendes: „Im Jahre 1853 sammelte in Boryslaw Abrah. Schreiner eine klare Flüssigkeit, die sich an der Innenseite eines Kesseldeckels kondensiert hatte, in dem er Erdteer behufs Erzeugung einer besseren Wagenschmiere verdampfte. Er brachte das Destillat den Provisoren Ze und Lukasiewicz, welch letzterer sofort den hohen Wert desselben erkannte, da er sich mit der Destillation des Erdöls beschäftigte, sich einen entsprechenden Kessel baute, Rohöl kaufte und bereits 1853 das allgemeine Krankenhaus in Lemberg mit Petroleum beleuchtete". Die heutige Industrie wurde dort 1854 in dem Bobrka-Distrikt begründet und insbesondere durch die 1861 vollendeten Bohrungen von Lukasiewicz gefördert. Während früher Mittel- und Ostgalizien reichhaltige Ausbeute lieferten, sind dagegen heute die Quellen Ostgaliziens ziemlich versiegt. Die Hauptindustrie Galiziens liegt heute am Nordabhang des Karpathengebirges, der bekannteste Ort ist Boryslaw bei Drohobycz, wo sich Erdöl in bituminösen und salzigen miocänen Tönen und Mergeln findet, die von Geröll und Lehmschichten bedeckt sind.

Den ersten Rang in der Erdölindustrie der Welt nehmen die Vereinigten Staaten von Nordamerika ein. In Amerika wurden Erdölquellen zuerst in einem Briefe des Franziskanermönches de la Roche d'Allion 1629 erwähnt. Er bezog sich darin auf Quellen, die in dem jetzigen

[1]) H. Höfer: Das Erdöl und seine Verwandten.

kaspischen Ölzone. Von Baku anfangend findet man in Rußland, westlich gehend an der östlichen Grenze von Europa entlang, Öl in der Nachbarschaft von Tiflis zwischen Poti und Batum, sowie an vielen anderen Stellen des Kaukasus. Weiter westlich befinden sich die Ölfelder von Illsky und Kondako auf der Taman-Halbinsel, zwischen dem Schwarzen und dem Asowschen Meer und diejenigen von Kertsch auf der Halbinsel Krim.

An dritter Stelle steht die Produktion von Hinterindien mit den Sunda-Inseln. Das Erdöl in Rangoon an den Ufern des Irawaddy war schon im Altertum bekannt gewesen, dann kommt dort besonders das Königreich Burma in Betracht, dessen Hauptausfuhr angeblich nach Rangoon zum Raffinieren gehen soll. Bis jetzt hat eine intensivere Ausnutzung dort noch wenig stattgefunden, weil das Schürfen noch mit den primitivsten Hilfsmitteln erfolgt. Weitere Fundorte sind in Rainung, Hong und am Toten Meer. Von den Sunda-Inseln kommen in erster Linie Java, Borneo und Sumatra in Betracht, wovon letzteres die größte Ausbeute und die beste Qualität mit reichem Benzingehalt gibt.

Die folgende Stelle nehmen die rumänischen Ölfelder ein; hier werden Erdölschächte, allerdings primitive Handschächte, schon 1649 von Bandinus erwähnt. Die Beleuchtung Bukarests mit rumänischem Petroleum fand zum erstenmal am 1. April 1857 statt. Seit 1865 wurde das Interesse des Auslandes an der rumänischen Petroleumindustrie rege, doch erzielte man lange Zeit keine günstigen Resultate. Erst seit der 1895 erfolgten Gründung der Petroleumgesellschaft Steaua Romana kam mehr Aufschwung und seit einigen Jahren, nachdem fast alle ausländischen Petroleuminteressenten sich dort beteiligt haben, z. B. die deutsche Bank u. a.,

ist die Entwicklung dort fortgeschritten, daß Rumänien heute unter den Petroleum produzierenden Ländern den vierten Rang einnimmt und sogar Galizien überflügelt hat. Das rumänische Petroleum ist von sehr guter Qualität und sein Benzinreichtum wird nur noch von dem Petroleum von Sumatra erreicht, insbesondere sind die Lager in der Moldau vorzüglich. Die erdölführenden Zonen Rumäniens ziehen sich entlang der südlichen und östlichen Abhänge der Karpathen.

In Deutschland wird Petroleum schon im Mittelalter erwähnt und zwar sollen 1430 die Mönche bei Tegernsee in Bayern aus einer Quelle täglich 42 Liter Öl geschöpft haben. Die Naphthaquellen bei Pechelbronn in Elsaß waren ebenfalls schon im 15. Jahrhundert bekannt. 1670 waren die Ölgruben in Wietze schon in Ausbeutung. Die erste offizielle Namhaftmachung datiert aus dem Jahr 1772, woselbst die Regierung Nachsuchungen auf Steinöl bei Münster i. W. anordnete. Heute kommen als Fundgegenden Hannover, Braunschweig, Holstein und Elsaß in Betracht, während Westfalen technisch bedeutungslos ist. Für Hannover ist besonders die Gegend von Wietze maßgebend, während die Lagerstätten bei Ölheim keine Ausdehnung mehr zu erfahren scheinen. In Braunschweig ist Hordorf und der Reitling bei Braunschweig zu nennen; in Holstein Hölle bei Heide. In Elsaß kommt die bereits von altersher bekannte Pechelbronner Gegend in Betracht. Im übrigen ist die deutsche Petroleumindustrie ein noch im Entwicklungsstadium befindliches Gebiet.

In Schottland ist zwar in der Broxburner reiches Erdölvorkommen, dessen Ausbeute ist aber sehr erschwert, da es infolge seines hohen Paraffingehaltes schon bei 16° C fest ist.

Frankreich hat im Departement Hérault bei Gabian Petroleumlager aufzuweisen, deren schon 1752 Erwähnung geschah.

In Ungarn sind Ölquellen seit 1780 nachweislich bekannt, doch fand das Produkt Verwendung als Arznei und Wagenschmiere und erst seit 1883 nahm man Bohrungen vor.

Auf der untersten Stufe der in Europa Petroleum produzierenden Länder steht Italien, obwohl hier bereits im Altertum das Erdöl bekannt war. Schon Plinius erwähnte die Quellen in Agrigent, die das sizilianische Öl zum Brennen in Lampen lieferten. Weiterhin finden sich bei Herodot bezügliche Nachrichten über das Vorkommen von Zante. Die ersten eingreifenden Versuche einer rationellen Erdölgewinnung datieren erst aus dem Jahre 1880; als Fundgegenden kommen die Abruzzen und der Nordrand des Apennins in Betracht. In Velleia in der Provinz Piacenza ist schon seit Jahren eine französische Gesellschaft stark mit der Erschließung beschäftigt, in der Provinz Parma hat man bei Salsomaggiore bis jetzt nur geringe Mengen gefunden

In Spanien sind nur geringe nicht verwertungsfähige Funde im Süden zu verzeichnen.

Von außereuropäischen Fundstellen seien noch folgende genannt:

In Kanada wurde die erste Quelle 1856 erbohrt, es finden sich dort zwar verhältnismäßig zahlreiche Vorkommen, die Ausbeutungstätigkeit ist jedoch eine sehr geringe und erfolgt vorwiegend im Gebiete von Enniskillen, seine jetzige Produktion deckt kaum den eigenen Bedarf. Auch ist das kanadische Öl außerordentlich reich an Schwefel und daher findet seine Verarbeitung zu Schmieröl nur in beschränktem Maße statt.

In der Asiatischen Türkei kommen die schon vom Altertum her bekannten Fundstellen am Euphrat und bei Kaukaba am Jordan in Betracht, jedoch ist die Ausbeute nicht im Gange.

Fast das gleiche gilt auch von Persien, woselbst auch schon die Schriftsteller des Altertums Erdquellen nennen, z. B. bei Ekbatana, dem heutigen Hamadan. Heute kommt es vor bei Bagdad, woselbst sich eine breite Zone von dem iranischen Randgebirge in der Gegend des unteren Sab südwestwärts über den Tigris und Euphrat bis in die arabische Wüste zieht. Dort wird die Bagdadbahn an verhältnismäßig reichen Quellen vorbeiziehen und es wäre erwünscht, wenn sich dort deutsches Kapital der Ausbeutung bemächtigen würde. Besonders zu nennen sind Kerkuk bei Baba an der Gebirgskette des Alin Dagh, Tekrit am Tigris und Hit am Euphrat, zur Zeit werden Bohrungen bei Shardin und Mahomerah niedergebracht.

In Ägypten benutzten schon die Alten Erdöl zum Einbalsamieren ihrer Leichen. Es wurden dann 1890—92 von der britischen Regierung besonders in der Gegend von Djebel-Said Bohrungen ausgeführt, jedoch ohne befriedigende Ergebnisse, so daß weitere Nachforschungen aufgegeben wurden.

Auch in China kannte man schon im Altertum Erdöl, es hat jedoch dort noch keine technische Bedeutung erlangt.

Dagegen macht Japan etwas mehr von sich reden, woselbst das Felsenöl auch bereits im Altertum bekannt war; es finden sich dort zahlreiche Fundstellen und namentlich Ende der achtziger und Anfang der neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts entstanden viele Bohrgesellschaften. Allerdings ging die größte Anzahl wieder zugrunde, namentlich weil die Ausbeute nicht rationell erfolgte

Heute beabsichtigt Japan kalifornisches Petroleum zu beziehen wegen des hohen Zolles als Rohöl, und im Lande zu raffinieren; es scheint also das Erträgnis dort kein hervorragendes zu sein, obwohl die Gesamtproduktion von 1905 bis 1906 bedeutend stieg.

In Australien sind Erdölfunde auf Neuseeland zu nennen und zwar bei Gimaracha und Tarauaki.

Die Westküste Afrikas wird schon seit einiger Zeit von mehreren Seiten nach Erdöl untersucht und es sind dort Abkommen zwischen englischen und französischen Kolonialunternehmungen zustande gekommen. Insbesondere kommt dort Nigeria und die Elfenbeinküste in Betracht.

Auch in Ostafrika hat man neuerdings Ölfunde gemacht und zwar in der Nähe des Hafens von Laurenço Marquez.

In Südamerika kommt in erster Linie Peru und Bolivia in Betracht, sodann einige Gegenden in Argentinien, woselbst bereits 1889 bei der Stadt Mendoza ergiebige Bohrlöcher waren. Ferner sind in Venezuela ergiebige Erdölquellen.

Soweit die vielfach unzulängliche und auf alle möglichen Literaturberichte zerstreute Statistik eine Zusammenstellung ermöglichen ließ, ergeben sich die Erträgnisse für die verschiedenen Jahre und die hauptsächlich in Betracht kommenden Länder gemäß nachstehender Tabelle (S. 27).

Mit der Frage nach dem Ursprung des Petroleums haben sich bereits seit langer Zeit die bedeutendsten Geologen und Chemiker beschäftigt, doch ist eine endgültige einheitliche Lösung auch heute noch nicht gegeben. Durch Laboratoriumsversuche ist festgestellt, daß Produkte, die mehr oder weniger mit den natürlichen übereinstimmen, durch verschiedene chemische Prozesse erhalten werden können, doch ist bisher noch keine Theorie allgemein anerkannt worden. Allerdings steht man

Erdölerzeugung (Rohöl) der [illegible]

Jahr	Verein. Staat. von Amerika	Rußland	Holl. Indien	Rumänien	Galizien	Britisch Indien	Japan	Deutschl.	Kanada	Italien	Gesamt-produktion
1894	6528000	4983000	115000	71000	132000	44000	20600	17200	116400	1600	12028000
1895	6999000	6672000	136000	80000	215000	52000	22300	17100	101600	4200	14299000
1896	8074000	6737000	197000	76000	340000	60000	31200	20400	101600	2700	15551000
1897	8000000	7282000	370000	79000	310000	77000	34600	23300	98300	1900	16276000
1898	7324000	8279000	418000	107000	323000	76000	43400	26000	101600	2000	16700000
1899	7537000	9033000	252000	198000	322000	132000	71300	27000	101600	2200	17683000
1900	8417000	10387000	436000	227000	326000	118000	114000	50400	90000	1900	20158000
1901	9180000	11520000	641000	270000	452000	161000	147000	41000	75400	2300	22490000
1902	11739000	11020000	769000	310000	576000	179000	158400	47500	70200	1900	24871000
1903	13291000	10418000	830000	390000	728000	325400	—	—	61300	2500	26000000
1904	15764000	10756000	1000000	450000	827000	404000	—	110000	—	—	29000000
1905	17636000	6794000	1200000	614000	800000	465000	—	—	—	—	27859000
1906	17248000	7248000	1200000	887000	760000	465000	—	—	—	—	28158000

Bezüglich der prozentualen Beteiligung der einzelnen Länder entnehmen wir der Zeitschrift „Petroleum“ für die Jahre 1903 bis 1906 folgende Zusammenstellung:

Produktionsgebiet	1903 %	1904 %	1905 %	1906 %
Vereinigte Staaten von Amerika	49,48	52,57	63,41	61,25
Rußland	40,66	37,14	24,39	25,74
Holl. Indien	3,27	3,53	4,31	4,26
Rumänien	1,51	1,60	2,20	3,15
Galizien	2,81	2,88	2,87	2,69
Britisch Indien	1,28	1,41	1,67	1,65
Andere Produktionsgebiete	0,99	0,87	1,29	1,28

Nach Höfer: „Das Erdöl und seine Verwandten“ und Zeitschrift „Petroleum“, Jahrgang 1907, No. 13.

heute auf dem Standpunkt, daß die frühere Hypothese, nach der Petroleum anorganischen Ursprungs sein soll und an der sich auch der berühmte Chemiker Berthelot beteiligte (1866), unhaltbar ist. Eine nähere Begründung findet sich bei Höfer, „Das Erdöl und seine Verwandten“, (Verl. Fried. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1906), Seite 161 bis 174. Dagegen haben die Diskussionen, ob das Erdöl pflanzlichen oder tierischen Ursprungs ist, noch keine Klärung herbeigeführt. Die Anhänger der pflanzlichen Entstehungsweise leiten diese sowohl aus Meerespflanzen, z. B. Algen, als auch von Sumpfpflanzen, z. B. den Torflagern, oder von Landpflanzen bzw. deren Harz ab. Dabei ist natürlich eingeschlossen, daß die, welche den Ursprung des Erdöls von Mineralkohlen ableiten, auch zu den Anhängern der pflanzlichen Entstehungstheorie zu rechnen sind, da ja Kohlen nachgewiesenermaßen pflanzlichen Ursprungs sind.

Verbreiteter ist heute die Ansicht, daß Erdöl aus der Zersetzung tierischer Reste entstanden ist; dieser Theorie haben insbesondere die Laboratoriumsversuche von Engler viele Anhänger gewonnen. Nach Höfer (siehe oben) ist das Erdöl aus tierischen Resten bei nicht allzuhoher Temperatur bei höherem Druck entstanden. Diesbezügliche ausführliche Versuche von C. Engler ergaben Resultate, welche diese Theorie zu bestätigen scheinen, wir entnehmen daher Höfer folgende Erklärung für das Entstehen des Erdöles:

Das Erdöl ist animalischen Ursprungs; es haben insbesondere Saurier, Fische, Tintenfische, Korallentiere, Foraminiferen usw. hierzu nachweisbar beigetragen. Doch können auch Weichtiere ohne festes Gerüst ausgiebig mitgewirkt haben, von denen keine nachweisbaren, bestimmbaren Reste verblieben. Während durch die Umwandlung der vegetabilischen

Substanz die Kohle entstanden ist, bildet sich aus der animalischen das Erdöl und die hiermit verwandten Bitumina. — Ob sich das Erdöl unter ganz speziellen Bedingungen aus den Tierresten bilden konnte und welcher Art dieselben waren, ist bisher nur teilweise aufgeklärt; jedenfalls mußten dieselben bald nach ihrer Ablagerung von der Luft abgeschlossen werden, damit keine gewöhnliche Verwesung eintrat. Die Schalen der Mollusken usw. wurden von der bei der Ölbilung entstandenen Kohlensäure gelöst. — Das Erdöl bildete sich in allen Zeitaltern der Erdgeschichte, aus welchen auch animalische Reste vorhanden sind. Die archäischen Schichten sind frei von Erdöl. — Das Erdöl konnte sich nur dann in der ursprünglichen Lagerstätte ansammeln und erhalten, wenn es bei seiner Entstehung vor dem Entweichen geschützt war. — Bei der Bildung des Erdöls hat keine ungewöhnlich hohe Temperatur mitgewirkt, sie erfolgte unter höherem Druck. — Das Erdöl kann möglicherweise auch durch einen Gährungsprozeß entstanden sein. — Die Lagerstätten des Erdöls sind teils ursprüngliche (primäre), teils sekundäre, welch letztere mit ersteren in Verbindung stehen oder standen.

Von den physikalischen Eigenschaften des Erdöls interessiert uns hier als wichtigste die der Schmierfähigkeit; weiterhin sind für die Wertbestimmung maßgebend das spezifische Gewicht und die Farbe, die Viskosität, sowie der Flamm- und der Entzündungspunkt, während dem Ausdehnungskoeffizienten wenig Bedeutung beizumessen ist.

Das spezifische Gewicht steht in gewissem Zusammenhang mit der Farbe, ersteres schwankt zwischen 0,73 und 0,97, letztere liegt zwischen wasserhell oder gelb und fast schwarz. Am häufigsten findet sich als Farbe braun bis schwarz, seltener gelb oder gar wasserhell Im

allgemeinen sind die spezifisch leichteren Öle auch heller als die schweren und man findet gemäß einer von Höfer zusammengestellten Tabelle von Ölen der verschiedenartigsten Gebiete bestätigt, daß, „je leichter das Öl, desto größer die Dichte." Wasserhelle oder ganz hellgelbe Öle haben ein spezifisches Gewicht von 0,73 bis 0,76, sie sind meist sehr dünnflüssig, sehr leicht flüchtig und explosiv, gelbe Öle schwanken im spezifischen Gewicht von 0,77—0,798, bernsteinfarbene von 0,792 bis 0,820. Die braunen und schwarzen Farben haben vielfach sehr verschiedene Dichten, sind ziemlich dickflüssig und auch schwerer entzündbar. Es liegt z. B. die Dichte für rötlichbraun zwischen 0,789 und 0,907, für kastanienbrann zwischen 0,840 und 0,907. Die Farben sind im auffallenden Licht fluoreszierend; das Erdöl fühlt sich ölig an, hat als Rohöl einen verhältnismäßig schwachen aber charakteristischen Geruch.

Die Viskosität, d. h. der Flüssigkeitsgrad, der allgemein bereits auf Seite 8 erwähnt ist, steigt im allgemeinen mit zunehmender Dichte, wie bereits oben bemerkt, und ist insbesondere für die aus dem Rohöl gewonnenen Schmierprodukte von Wichtigkeit.

Der Flammpunkt, auch Entflammungspunkt genannt, ist die Grenztemperatur, bei welcher das betreffende Öl Dämpfe entwickelt, die mit Luft gemischt aufsteigen und bei Berührung mit offener Flamme kurz aufflackern, wobei jedoch die Ölmasse selbst nicht zur Entzündung gelangt. Der Flammpunkt ist bei den verschiedenen Erdölsorten je nach Herkunft außerordentlich verschieden und läßt sich weder mit der Dichte noch sonstwie in gesetzmäßigen Zusammenhang bringen. Für die Verarbeitung ist seine Kenntnis jedoch wichtig.

Der Entzündungspunkt liegt natürlich höher als der Flammpunkt und ist die Temperatur, bei welcher sich die Ölmasse selbst infolge Berührung mit einer offenen Flamme entzündet und fortbrennt.

Der Ausdehnungskoeffizient hat nur insofern Bedeutung, als er einesteils bei Umrechnung der bei irgendeiner Temperatur erfolgten Bestimmung der Dichte auf die Dichte bei der Normaltemperatur von 15° C erforderlich ist, andernteils zur Berechnung der zulässigen Füllung von Transport- und Aufbewahrungsgefäßen für Erdöl in Hinsicht auf Temperaturerhöhungen.

Bemerkenswert ist noch die Verflüchtigung des Erdöls an der Luft; dadurch wird es dichter und sehr zähflüssig; infolgedessen ist auch die Tatsache erklärlich, daß Erdöl im Ausfluß häufig so zähflüssig ist, daß es direkt Erdteer bildet und als Wagenschmiere verwendbar ist. Infolge der Verflüchtigung muß man es zur Vermeidung von Gewichtsverlusten und dgl. in gut verschlossenen Gefäßen aufbewahren.

In chemischer Hinsicht ist das Erdöl ein Gemisch von verschiedenen Kohlenwasserstoffen, das sind eine ganze Anzahl chemischer Stoffe, die aus den beiden Elementen Kohlenstoff C und Wasserstoff H zusammengesetzt sind. Diese Zusammensetzung erfolgt in verschiedenen gesetzmäßigen Verhältnissen und dementsprechend unterscheidet man verschiedene Gruppen von Kohlenwasserstoffen und innerhalb einer jeden Gruppe wieder eine Reihe von verschiedenen Zusammensetzungen. Solche Gruppen, wie sie z. B. im Erdöl vorkommen und die man als „Reihen“ bezeichnet, sind die Naphthanreihe und die Methan(Paraffin)reihe in erster Linie, ferner die Äthylenreihe, Benzolreihe, Azetylen- und Terpenreihe. Außerdem kommen noch in verhältnismäßig geringen Mengen Sauerstoffverbindungen,

Stickstoff und Schwefel in Erdöl vor. Die Untersuchungen nach anorganischen Beimengungen (Asche) haben deren Vorhandensein wohl bis jetzt stets erwiesen, da sie jedoch nicht planmäßig durchgeführt sind, ist es noch unentschieden, ob es überhaupt aschenfreie Erdöle gibt. Schließlich hat man in den kaukasischen Erdölen noch kohlige Substanzen nachgewiesen.

Zur Gewinnung des Erdöls dienen je nach den Verhältnissen Schächte, Bohrlöcher und Stollen, die beiden ersteren stets bei flachem Terrain oder steilerem Terrain mit flachen Lagerstätten. Stollen kommen nur bei steileren Gehängen, bei steiler Lage der Lagerstättenebene in Betracht und sind ziemlich teuer, allerdings lassen sie den Bau der Schichten und das Auftreten des Erdöls genau erkennen. Sie werden z. B. in Kalifornien an vielen Stellen benutzt. Dagegen gestatten Bohrlöcher ein rascheres Arbeiten und haben wohl auch die meiste Verbreitung gefunden, insbesondere sind sie in Rußland und Galizien viel vertreten. In letzterer Gegend ist allerdings auch der Schachtbau in vielen Fällen als vorteilhaft erkannt worden, da er sich im allgemeinen in Tiefen bis zu 200 m nicht teurer als ein Bohrloch stellt und größeren Ölzufluß gestattet.

Auf alle Gewinnungsmethoden näher einzugehen, würde hier zu weit führen, um jedoch einen Einblick zu ermöglichen, sei ein Beispiel der Schurfarbeit mit Bohrlöchern kurz erläutert. Zunächst wird der Bohrturm möglichst sorgfältig hergestellt, dann in dem einen Teil desselben die Maschine untergebracht, in einem anderen Teil eine Werkzeug- und Reparaturschmiede. Die Kesselhäuser werden der Sicherheit wegen besonders gelegt. So ist es z. B. in den russischen Ölfeldern Vorschrift, daß die Bohrtürme von den Kesselhäusern mindestens 40 m entfernt sein müssen und daß während der

Erbohrung einer neuen Naphthaquelle alle Kesselfeuer in 100 m Umkreis von der Quelle zu löschen sind, bis die neue Quelle abgefangen ist. Oben im Turm werden Rollen aufgehängt, über die das den Erdbohrer haltende Seil gelegt wird und dann ein paarmal um die Trommel der Förderwinde geschlungen wird. Der Bohrer wird vermittels des Seilgelenkes an dem in der Mitte des Kranes hängenden losen Ende des Taues befestigt. Die Förderwinde wird von der Maschine aus durch Riementrieb betätigt. Um das Stoßen, d. h. das Arbeiten mit dem Bohrer, zu beginnen, läßt der Maschinist die Winde anlaufen, so daß sie den Bohrer hebt, löst letzteren dann aus, wobei er durch sein Gewicht herabfällt und sich in den Boden wühlt. Dies wird stetig wiederholt bis auf den Ölfelsen. Dann wird der Bohrmeißel angesetzt und vom Bohrarbeiter ständig gedreht, um das Bohrloch gleichmäßig zu erhalten. Dies ist für Einbringung der Verröhrung von großer Wichtigkeit und man hat häufig schon tiefe Bohrlöcher aufgeben müssen, weil man auf ungewöhnlich harte Steine oder auf eine Spalte stieß, welche das Bohrloch von der graden Linie abweichen ließen. Ist das Bohrloch fertig und seine Genauigkeit festgestellt, so läßt man die Verröhrung hinab. Die einzelnen Röhrenstücke werden mit Nieten ohne Köpfe vernietet. Die beim Bohren zerschlagenen Felsstücke werden mit der Sandpumpe fortgeschaft.

Mitunter kommt es vor, daß auch Brunnen mit Pumpenförderung in ihrer Ergiebigkeit nachlassen oder aufhören; die Ursachen sind mechanischer Natur, z. B. bei weichem Erdreich und großen Tiefen Verschlammung der Bohrlöcher und dgl. Diese Umstände kamen namentlich im Ölsandgebiete Amerikas häufiger vor und dort wurde zuerst von Colonel E. A. L. Roberts das sog. Torpedieren

der Rohölbrunnen, d. i. die Ergiebigkeit durch Sprengstoffe zu bewirken, erfolgreich ausgeführt. Die in den Indiana-Feldern gebräuchliche Methode wird in der Petroleum Review von Mac Tadden folgendermaßen beschrieben: „Das Nitroglyzerin wird in Blechbüchsen von je etwa 22½ Liter Inhalt in das Bohrloch hinabgelassen. In ein Durchschnittsbohrloch von 175 mm Durchmesser wurden zehn solcher Bomben gelassen von einer Gesamthöhe von zirka 12,6 m bei einem Durchmesser von rund 140 mm. Für eine solche Ladung muß ein Loch wenigstens 15 m tief ins Ölgebirge gebohrt werden, damit etwa 2½ m hoher Kalkstein über der obersten Bombe stehen bleibt, der den Schiefer direkt über der Ölformation schützen und dessen Einstürzen vermeiden soll. Nachdem die zehn Bomben in die Quelle gesenkt sind, wird ein Zündkörper hinabgelassen. Dieser Apparat ist wie eine kurze Bombe geformt und hat innen eine kleine Röhre, die etwa 0,57 Liter Nitroglyzerin enthält, sowie eine kleine Stange, die mit einem Zündstift verbunden ist, auf dem zwei Zündhütchen liegen. Am oberen Ende ist eine kleine eiserne Platte befestigt, auf die das Gewicht (amerikanisch als Go-Devil, d. h. Geh-Teufel, bezeichnet) schlägt, sobald der Zündkörper in das Bohrloch gesenkt ist. Der Go-Devil ist ein aus Gußeisen bestehendes Gewicht, das man, sobald alles für den Schuß fertig ist, von oben in das Bohrloch hineinfallen läßt. Das Nitroglyzerin wird stets genügend unter einer Flüssigkeit gehalten, entweder Wasser oder Öl, um eine konzentrierte Wirkung der Explosion auf die Ölformation zu sichern. Gewöhnlich steigt das Öl oder Wasser etwa 40 Sekunden nach dem Fall des Go-Devil hoch über den Kran hinaus. Durch die Explosion der großen Menge Nitroglyzerin wird fraglos die Ölformation auf eine beträchtliche Entfernung

um das Bohrloch zertrümmert. Die Bohrwerkzeuge werden dann auf den Boden des Bohrloches gebracht und dann kann mit der Förderung des Öles begonnen werden.

Das Öl wird von der Quelle meist in große schmiedeeiserne Tanks übergeführt und von da vermittels Röhren entweder in Tankwagen gepumpt, in denen es nach den verschiedenen Raffinerien überführt wird oder es wird in diesen Rohrleitungen hunderte von Meilen weiter nach anderen großen Raffinerien befördert. In den Raffinerien läßt man das Öl einige Zeit sich absetzen, damit sich die feineren Teilchen Sand, die häufig mit dem Öl heraufkommen, ablagern, dann ist es für den Destillierapparat fertig.

Wir kommen nun zu dem wichtigsten Thema, der Fabrikation des Mineralschmieröles, zu deren besserem Verständnis wir jedoch kurz den ganzen Arbeitsgang bei Verarbeitung des Roherdöls erläutern müssen. Das gesamte Fabrikationswesen gründet sich auf die Destillation des Rohöls, die entweder periodischer oder kontinuierlicher Art vorgenommen werden kann.

Die periodische Destillation ist dadurch charakterisiert, daß aus einem gegebenen Rohölquantum in einem Kessel durch Temperatursteigerung hintereinander verschiedene Destillate wie Benzin, Petroleum und Solaröl, herausfraktioniert werden. Die im Kessel verbleibenden Rückstände werden abgelassen, worauf derselbe Prozeß sich in einer bestimmten Zeitperiode aufs neue wiederholt. Das Flüssigkeitsniveau im Kessel verringert sich während des Destillationsprozesses entsprechend der Menge der abdestillierten Produkte.

Die Verwendung der periodischen Destillation erstreckt sich auf alle Fälle, in denen sich die Fabriken nicht in der Nähe der Produktionsstätten

befinden oder wo die Rohölgewinnung nicht regelmäßig erfolgt.

Die kontinuierliche Destillation charakterisiert sich dadurch, daß aus einem Behälter, d. h. einem Kessel oder einer Kesselabteilung, des Systems zur kontinuierlichen Destillation, unter Beibehaltung eines konstanten Flüssigkeitsniveaus, durch ununterbrochenen Ölzufluß bei einer bestimmten Temperatur nur eine bestimmte Fraktion erhalten wird.

Die Verwendung der kontinuierlichen Destillation ist ökonomischer durch Ersparnis an Heizmaterial und Zeit, läßt sich aber nur einrichten, wo entweder große Mengen stetig zufließenden Rohöls vorhanden sind oder die Möglichkeit gegeben ist, große Vorratsmengen von Rohöl zu lagern. Es sei jedoch bemerkt, daß heute die kontinuierliche Destillation infolge ihrer Vorteile immer mehr Eingang findet und ihre Anwendung in allen Fällen erstrebenswert ist.

Im allgemeinen hat man bei der Destillation drei verschiedene Gruppen vom Destillaten zu unterscheiden und zwar:

I. Leichtflüchtige Öle, die bei Temperaturen bis zu 150° C überdestillieren. Dazu gehören Rhigolen, Petroleumäther, Gasolin, sowie Petroleum-Naphthas als Petroleumbenzin, Ligroine und Benzinputzöl.

II. Leuchtöle, die bei Temperaturen zwischen 150° und 270° bzw. 300° C überdestillieren. Dies ist das Petroleum, auch als Kerosin bezeichnet.

III. Rückstände. Diese unter der Bezeichnung „Masut“ als Naphtharesiduen in den Destillierapparaten nach Abtreiben der Leuchtöle verbleibenden Rückstände ergeben als schwere Öle je nach Dichte die Schmieröle (Dichte 0,7446—0,8588) und die Paraffinöle

(Dichte 0,8588—0,959), ferner ergeben sie den Petroleumkoks und bei einigen das Vaseline. Auch die Herstellung von Asphalt erfolgt, wenn auch in geringerem Maße, da er meist als natürliches Destillationsprodukt vorkommt, aus den Rückständen.

Wir wollen zunächst eine kurze Erläuterung der periodischen Destillation geben. Zur Destillation dienen sogenannten Blasen (Kessel) von meist zylindrischer Form; auf amerikanischen Raffinerien befinden sich z. B. Blasen in Betrieb, die aus einzelnen Platten zusammengesetzt, in der unteren Hälfte aus Stahlblechen sind und bei 9–12 m Länge einen Durchmesser von etwa 3,8 m haben. Sie werden bis zur Hälfte eingemauert, der obere Teil bleibt frei. Außerdem verwenden auch namentlich die Amerikaner Blasen von der sogenannten Cheesebox-Form (eckig), die ebenfalls aus Eisenplatten mit domartigem Aufbau und im unteren Teil aus Stahlplatten hergestellt sind. Sie haben etwa 9 m Durchmesser und werden vertikal im Mauerwerk aufgestellt bei etwa $2^3/_4$ m Höhe. Je nach Größe der Raffinerie werden 2 bis 10 Blasen zu einer Batterie vereinigt. Die Heizung der Blasen geschieht entweder durch ein darunter befindliches offenes Feuer wie bei Dampfkesseln oder indirekt oder direkt durch Dampf, indem in den Blasen Rohrschlangen verlegt sind, durch die der Dampf strömt und das umgehende Rohöl erhitzt oder aus denen er direkt in die Blase austritt. Die Destillationsprodukte treten in die auf den Blasen angebrachten Dome und von da in Rohrleitungen zu den Kondensatoren. Letztere bestehen im allgemeinen aus großen mit zirkulierendem Kühlwasser gefüllten Behältern, in denen die an die Destillationsleitung anschließenden und von den Destillationsprodukten durchströmten Rohrschlangen liegen. Von den Kühlschlangen läßt man das

Destillat zweckmäßig durch Glaskasten treten, in denen man das Aussehen beurteilen kann, sowie durch Aräometer und Thermometer Dichte und Temperatur bestimmen kann. Entsprechend der Verschiedenheit des in den Glasbehältern geprüften Destillats gelangt es von da in verschiedene Auffanggefäße.

Der Gang der Destillation ist derart, daß das Destillat nach der Kühlung solange in einen Auffangbehälter geleitet wird, bis es das spezifische Gewicht 0,74 zeigt. Dann wird das Ende der Kühlröhre in ein anderes Auffanggefäß geleitet, die Temperatur der Blase wird weiter erhöht und man läßt das Destillat in das zweite Aufanggefäß solange ab, bis sein spezifisches Gewicht 0,81 beträgt. Das dann in der Blase zurückbleibende schwere Öl wird meist in einer anderen Blase, die eigens der Schmierölfabrikation dient, zur Gewinnung von Schmieröl mit überhitztem Dampf behandelt. Das erste Originaldestillat wird nochmals mit Dampf destilliert und gewöhnlich folgt dieser zweiten Fraktion eine weitere, um die leichteren Öle abzutreiben, die der ersten Fraktion beigegeben werden. Die dritte Fraktion liefert nach der Abkühlung das Paraffin. Die Destillate werden dann meist noch einer Redestillation und Reinigung unterworfen, doch sei nur auf die Behandlung der Rückstände zur Schmierölfabrikation nachher näher eingegangen, während die übrigen Destillate in dem ebenfalls in der „Bibliothek der gesamten Technik“ erscheinenden Buch „Flüssige Brenn- und Betriebsstoffe“ ausführlicher behandelt werden. Erwähnt sei hier nur noch, daß, wenn es sich hauptsächlich um Erzeugung von Brennöl (Leuchtöl) handelt, der 1860/61 in Amerika durch Zufall entdeckte sogenannte Cracking-Prozeß von Wichtigkeit ist, wobei nach Abtrennen der zweiten Fraktion das Feuer vermindert wird, so daß die

Destillation langsam vor sich geht. Die Dämpfe des schweren Öls kondensieren sich infolgedessen in dem Dom der Blase und fallen auf das in der Blase befindliche heiße Öl zurück. Hierdurch tritt in letzterem eine Zersetzung ein und es entsteht ein Destillat, das vorzüglich geeignet ist zur Herstellung von Leuchtöl.

Wie bereits erwähnt, hat der kontinuierliche Prozeß besonders in Rußland Eingang gefunden, weniger in Amerika, nach Ansicht von Veith deshalb, weil Amerikas Rohöle einen größeren Leuchtölgehalt schon besitzen, während es sich bei den leuchtölarmen Ölen Rußlands darum handelt, eine größere Ausbeute zu erzielen. Nichtsdestoweniger stammt das erste Patent auf kontinuierliche Destillation aus Amerika und zwar von Samuel Van Sickle aus Titusville aus dem Jahre 1877. Das heute in fast ganz Baku, in Rumänien, Galizien und holländisch Indien verwendete System ist das von Nobel aus dem Jahre 1884. Es folgten weitere Erfinder, die mehr oder weniger vom Nobelschen Verfahren abweichende Anordnungen schufen, z. B. Schuchow, Jutschik & Bary, Alexiew, Roßmäler u. a. Nach Dr. S. Aisinman in Câmpina, dessen auf dem Internationalen Kongreß für angewandte Chemie 1903 gehaltenem Vortrag wir bei Beschreibung dieser Systeme folgen wollen, lassen sich alle diese Systeme in drei Hauptklassen teilen und zwar:

1. System Nobel: Die Destillation erfolgt in einer Anzahl von Kesseln, die zu einer Batterie verbunden sind. Die Zahl der eine Batterie bildenden Kessel ist durch die Zahl der zu erhaltenden Fraktionen gegeben und schwankt zwischen 5 und 18. Sämtliche Kessel sind untereinander und mit dem Rohöl-Speisebehälter (Vorwärmer) verbunden. Der Destillation liegt die Tatsache zugrunde,

daß eine kochende Flüssigkeit sich in zirkulierender Bewegung befindet und zwar in der Richtung nach der Oberfläche der Flüssigkeit, bzw. des Kessels. Das Rohöl gelangt aus dem Speisebehälter bis zum Boden des ersten Kessels, gibt in diesem bei einer bestimten Temperatur ein entsprechendes Destillat ab und gelangt, dadurch entsprechend schwerer geworden, von der Oberfläche des ersten Kessels in den nächsten tiefer gelegenen Kessel. Das abgeleitete schwere Rohöl wird durch konstant zufließendes neues Rohöl im ersten Kessel ersetzt. Im zweiten Kessel gibt das nun schwerere Rohöl bei einer entsprechend höheren Temperatur eine schwerere Fraktion ab und gelangt, noch schwerer geworden, von der Oberfläche in den dritten, tiefer gelegenen Kessel. Das abfließende Öl wird natürlich durch konstanten Zufluß aus dem ersten Kessel ohne weiteres ersetzt. Dieser Prozeß wird in den weiteren Kesseln des Systems fortgesetzt, bis aus dem letzten Kessel die schwerste Fraktion abdestilliert und die Rückstände kontinuierlich ablaufen. Natürlich gibt jeder folgende Kessel eine entsprechend schwerere Fraktion als der vorhergehende bei entsprechend höher gehaltener Temperatur.

2. System Schuchow. Bei diesem System besteht die Apparatur aus einem Kessel und einer Kolonne, die mit soviel Abteilungen versehen ist, als man Fraktionen erhalten will. Die aus dem Kessel destillierten Dämpfe zirkulieren in der Kolonne in entgegengesetzer Richtung zu dem von oben herunterrieselnden Rohöl. In jeder Abteilung findet das kontinuierlich zulaufende Rohöl Zeit, einen Teil der Destillatwärme aufzunehmen und ein Produkt entsprechender Beschaffenheit herauszufraktionieren. Je weiter nach unten, um so schwerer wird das Rohöl, um so höhere Temperatur der aufsteigenden Dämpfe

trifft es an und um so schwerere Fraktionen werden erhalten, bis das Rohöl entweder aus der letzten Abteilung der Kolonne als Residium abfließt, falls die Vorwärmung mit den Dämpfen einer anderen Flüssigkeit im Kessel erfolgt, als mit Rohöl selbst, oder aber aus dem Kessel als Rückstand abgeht, nachdem es dort die schwersten Produkte für die Kolonne abgegeben hat.

3. System Roßmäßler, das darauf beruht, daß die ganze Menge des kontinuierlich zufließenden Rohöles im Augenblick des Eintrittes in den Apparat zerstäubt und auf eine Temperatur gebracht wird, bei der sich ein Teil des Rohöles in Dampf gewünschter Eigenschaft verwandelt.

Nunmehr wollen wir etwas ausführlicher die Destillation der Schmieröle behandeln.

Als Ausgangsprodukt für die Schmierölfabrikation dient der bereits genannte Masut, das sind Petroleumrückstände, die aus dem Rohöl nach Abdestillieren des Benzins und Petroleums verbleiben und etwa 40 % des Rohöls betragen. Unverarbeitet findet Masut nur in beschränktem Maße Anwendung zur Schmierung untergeordneter Maschinenteile, wie z. B. Waggonachsen, überhaupt in Fällen, wo auf Billigkeit und hohen Zündpunkt Wert gelegt wird. Außerdem wird Masut benutzt zur Fabrikation von Wagenfett, auf die wir an andrer Stelle eingehen werden, sowie als Heizmaterial. Die Hauptverwendung findet er aber zur Herstellung von Schmieröl und zwar ergibt der Destillationsvorgang fünf durch ihr spezifisches Gewicht charakterisierte Produkte. Zunächst kommt der Vorlauf vom geringsten spezifischen Gewicht, er ergibt das meistens zu Mischzwecken benutzte, daher auch als Mischöl bezeichnete Produkt, das auch zum Schmieren leichter Mechanismen wie z. B. Uhr- und Stellwerken, Nähmaschinen usw. Verwendung findet, sowie das Solaröl, das man zur

Karburierung von Wassergas sowie vielfach zur Auflösung der mit Kalk neutralisierten Säureharze, die sich bei der Petroleumraffination ergeben, benutzt. Sodann erhält man das Spindelöl zur Schmiernng raschlaufender Maschinenteile, hierauf das Maschinenöl und als schweres Öl Zylinderöl. Als Rückstand erhält man den Goudron, der zu ganz rohen Schmierzwecken, z. B. zur Wagenschmierung, zu Gußasphaltierungen, Isolierungen und dgl. Verwendung findet. Die aus besonders geeigneten Rückständen, die sich unschwer reinigen lassen, durch direkte Raffination (ohne Destillation) mit Schwefel oder Schwefelchlorür gewonnenen Öle findet man, namentlich bei amerikanischen Erzeugnissen, auch unter der Bezeichnung Vulkanöle im Handel. Sie erhalten 4—20 % Schwefel.

Zur Verarbeitung auf Schmieröl eignet sich auch nur ein ganz bestimmten Anforderungen gerecht werdender Masut. Insbesondere ist auf Reinheit und entsprechende Viskosität Wert zu legen. Vermöge ihrer verhältnismäßigen Leichtflüssigkeit sind die russischen Masuts für die Herstellung von Maschinenölen sehr geeignet, während sie für die Fabrikation der schwereren Zylinderöle den Masuts aus amerikanischem, vorzugsweise pennsylvanischem Rohöl nachstehen. Die zur Destillation verwendeten Masutarten haben in der Regel ein spezifisches Gewicht von 0,910 bis 0,920.

Die Menge der einzelnen Öle, die man aus Masut erhält, schwankt je nach dem verwendeten Rohprodukt und je nachdem man den Destillationsprozeß etwas mehr oder weniger nach der einen oder anderen Sorte zuspitzt. Im allgemeinen kann man hinsichtlich Ausbeute und spezifischem Gewicht folgende Daten geben:

	Ausbeute %	Spezifisches Gewicht
Mischöl, Solaröl .	10—30	0,860—0,885
Spindelöl . . .	9—15	0,885—0,900

	Ausbeute %	Spezifisches Gewicht
Maschinenöl . . .	25—42	0,900—0,920
Zylinderöl	3—10	0,918—0,925
Rückstand (Goudron) (einschl. Verlust)	53—20	—

Die Angaben beziehen sich natürlich auf nicht gereinigtes Schmieröl und es schwankt demgemäß das Erträgnis an solchem zwischen 37% und 67%.

Die Schmierölfabrikation umfaßt den Destillationsprozeß zur Gewinnung ungereinigten Schmieröls aus dem Masut und dem Raffinationsprozeß. Die Schmierölfabrik liegt entweder direkt bei der Petroleumdestillationsanlage und kann dann der Masut direkt in die Destillationsanlage gebracht werden, oder sie liegt auf entferntem Terrain, so daß Beförderung durch lange Leitungen oder durch Tankwagen nötig ist. In beiden Fällen darf jedoch der heiße Masut, wie er aus den Destillationskesseln der Petroleumdestillation kommt, nicht ohne weiteres verwendet werden, sondern muß vorher in Kühlschlangen auf niedrige Temperatur gebracht werden, da sonst Pumpen und Rohrleitungen zu rasch zerstört würden. Die Kühlschlangen werden entweder mit Wasser gekühlt, das ständig abläuft, oder man läßt sie im Gegenstrom von dem zu destillierenden Rohöl umströmen, so daß letzteres vorgewärmt wird. Die russische Anlage der Mineralölwerke von Albrecht & Co. G. m. b. H., erhält z. B. ihren Masut verschieden zugeführt; die Fabrik liegt am Ufer des Kaspischen Meeres in der sogenannten „weißen Stadt“ bei Baku und bedeckt einen Flächenraum von 6,82 ha. Der Masut wird in großen Tankleichtern für lose Ladung zugeführt sowie auch durch lange, den ganzen Fabrikrayon Bakus durchlaufende eigene eiserne Röhrenleitungen zugepumpt. Auf dem Fabrikterrain selbst wird der Masut bis zu seiner Verarbeitung in großen offenen,

teilweise ausgemauerten Erdreservoiren, sogenannten Ambars, gelagert.

Die Destillation erfolgt nach dem kontinuierlichen System, jedoch im Gegensatz zur Petroleumdestillation unter Zuhilfenahme von überhitztem Dampf und Vakuum. Der Masut wird, bevor er in die Destillierkessel kommt, vorgewärmt, falls er nicht in der oben angegebenen Weise direkt aus der Petroleumdestillatanlage entnommen wird, wobei dann die Kühlung nur bis auf 100—150° eingeleitet wird. Zur Vorwärmung, die in großen, gut isolierten eisernen Apparaten erfolgt, verwendet man zweckmäßig die überschüssige Wärme des aus der Kesselreihe als Rückstand abfließenden Goudrons. Aus den Vorwärmern tritt der Masut automatisch in die Kessel der kontinuierlich arbeitenden Batterie über, die er, da sie in natürlichem Gefälle zu einander angeordnet sind (wie auch auf Seite 39 beschrieben), langsam der Reihe nach durchströmt. Die Destillation erfolgt in zylindrischen Kesseln mit darunter liegender Feuerung. Da man es hier im Gegensatz zur Petroleumdestillation mit schweren Ölen zu tun hat, wird die Wirkung des Feuers nicht allein ausreichen, sondern man nimmt überhitzten Dampf zu Hilfe. Nach den Ausführungen von Dr. Veith ist dabei die Wirkung des überhitzten Dampfes eine rein mechanische, er bezweckt weniger ein Verdampfen, als ein Mitreißen der Ölteilchen. Indem er letztere gleichzeitig mit einer Schicht umgibt, verhindert er, daß sie an den erhitzten Kesselwänden eine Zersetzung erleiden und somit behält das Öl seine Schmierfähigkeit. Entsprechend den verschiedenen Fraktionen muß man überhitzten Dampf von 150°, 240° und 300° C zur Verfügung haben. Da die Öldämpfe im Destillierkessel durch Berührung mit den stark erhitzten eisernen Kesselwänden leicht einer teilweisen Zersetzung unterworfen sind, ist

es von großer Wichtigkeit, die Überführung in den Dephlegmator und Wasserkühlapparat möglichst rasch zu bewirken. Zu diesem Zweck unterstützt man die Wirkung des überhitzten Dampfes, indem man in den Destillationskesseln eine Luftleere erzeugt, das sogenannte Vakuum. Zur Herstellung des Vakuums dienen zweckmäßige Dampfsaugeapparate System Körting (Gebr. Körting in Körtingsdorf-Hannover), die man jedoch erst nach erfolgter Abtreibung des Solaröls in Tätigkeit setzt. Durch Verwendung des Vakuums ist es ermöglicht, selbst die schweren Öle von spezifischem Gewicht 0,920 bis 0,925 von gleicher Dichte zu erhalten. Die abdestillierten Abdämpfe gelangen in die Kondensationsanlagen, deren Ausführung auf mannigfache Art mit Wasser- oder Luftkühlung erfolgt. Heute verwendet man vielfach Luftkühlung nach dem System der sogenannten Separationskühlung; dabei werden die Dämpfe der Öle in durch Luft gekühlten Depflegmatoren ihrer Flüchtigkeit nach in Fraktionen geschieden.

Die Destillate stellen Halbprodukte vor und man kann sie dann auf die betreffenden Lagerreservoire verteilen, von denen sie nach den Raffineriegebäuden gepumpt und dem Reinigungsprozeß unterworfen werden. Dieser wird natürlich von den verschiedenen Fabriken auf mannigfache Art zur Ausführung gebracht, die wesentlichsten dabei zur Verwendung gelangenden Chemikalien sind jedoch stets Schwefelsäure und Natronlauge. Mit ersterer bezweckt man zunächst, die Harze in Öl zu fällen; da heiße Schwefelsäure stark oxydierend wirkt und daher sehr dunkle Öle ergibt, ist dieser Prozeß bei verhältnismäßig niederer Temperatur, etwa 40—60° C, auszuführen. Er geht in innen mit Blei ausgeschlagenen Agitatoren vor sich, in denen das Öl durch ein Rührwerk bewegt wird,

wobei man je nach Ölsorte 4 bis 12% Schwefelsäure zusetzt. Dann läßt man die Mischung 1—2 Tage stehen, damit sich die Säureharze absetzen. Für die Menge der zuzusetzenden Säure ist die Farbe des Öls nach Zusatz maßgebend. Das Entfernen der Säureharze erfolgt auch in manchen Betrieben durch Zentrifugen. Hierauf werden die Öle in einem mit einem doppelten Mantel, in dem Dampf zur Heizung zirkuliert, versehenen ausgebleiten Agitator dem Laugungsprozeß unterworfen, wobei sich vollkommen abscheidbare Seifen bilden. Das Neutralisieren erfolgt durch eine verdünnte Lösung von Natronlauge, die Beendigung des Laugenzusatzes wird auch wieder durch die Erreichung einer bestimmten Farbe des behandelten Öls angezeigt, worauf man den Zufluß abstellt. Dann läßt man das Ganze in Ruhe, wobei sich die Lauge in einer von Öl scharf begrenzten Schicht unten ablagert und abgelassen wird. Die ganze Behandlung beim Säure- und Laugenprozeß ist sehr verschieden, so wird z. B. nach Roßmäler mit dem Zusatz der Natronlauge schon im Säuremischer begonnen. Es bestehen zahlreiche Patente gerade über diese Raffinierungsprozesse, worunter sich natürlich auch viel Unbrauchbares findet, doch ist hier nicht der Ort, auf dieses Thema näher einzugehen und verweisen wir auf die zahlreiche Literatur in Fachzeitschriften, z. B. Chemiker-Zeitung, Chemische Revue über die Harz- und Fett-Industrie usw.

Sodann werden die Öle einem gründlichen Auswaschen mit destilliertem Wasser, Trocknen und schließlich dem Klären unterworfen. Dieses ist sehr wesentlich, da sonst leicht durch späteres Ausscheiden organischer Salze und schwefelsauren Natriums Trübungen der in den Handel gebrachten Ware und eine Verminderung der Qualität hervorgerufen wird.

Schließlich sei noch kurz auf einen für manche Fälle erwünschten Prozeß hingewiesen, das Entscheinen der Öle. Für manche Zwecke werden nämlich Mineralöle verlangt, denen die Fluoreszenz, das ist der blaue oder grünliche Schein, genommen ist. Zu diesem Zwecke werden die fertigen Öle entweder durch chemische Substanzen, z. B. durch geringe Mengen von Salpetersäure oder durch Nitronaphthalinen, oder ohne Anwendung chemischer Mittel in Sonnenlicht entscheint. Doch dunkeln derartig entscheinte Öle allmählich nach.

Ob der Raffinierungsprozeß im Ursprungslande durchgeführt wird oder aber die Ware nach der Destillation als Halbprodukt in andere Länder eingeführt wird, hängt von lokalen und Zoll-Verhältnissen der verschiedenen Länder ab. So nehmen z. B. die bekannten Mineralölwerke Albrecht & Co., G. m. b. H. (Hamburg) aus ökonomischen Gründen nur bei einem Teil der Destillate die Raffination in Baku selbst vor, ein großer Teil des Hauptproduktes, das Maschinenöl, verläßt die Bakuer Fabrik in halbfertigem Zustand und wird als nicht raffiniertes Destillat nach Hamburg geschafft. In Hamburg liegen die Raffinierwerke im Freihafengebiet am Reiherstieg, so daß die verschiedenen Öle aus den an der Fabrik anlegenden Dampfern unmittelbar in die Reservoire übergepumpt werden können. In den Raffineriegebäuden wird das halbfertige Maschinenöldestillat raffiniert, wobei die bei dem Raffinierungsprozeß entstehenden Abfallprodukte, die in Hamburg einen besseren und lohnenderen Absatz als in Baku finden, gewonnen und als Säureharz, Grudoon und Seifenöl verwertet werden. Ebenso wird dort die Raffination anderer Destillate vorgenommen, aus der als fertiges Produkt Mischöl, Spindelöl und Zylinderöle hergestellt werden. — Auch die von Baku schon fertig raffi-

niert versandten Öle, die bei dem langen Transport in den Eisenbahnkesselwagen und in den Tanks der Zisternendampfer infolge ihrer Hygroskopizität Wasser in sich aufgenommen haben, werden hier nochmals in den großen Klärgefäßen der Raffinerie getrocknet und blank gemacht.

Die *Eigenschaften* der aus dem Erdöl dargestellten Schmieröle hängen natürlich wesentlich von dem Rohprodukt ab. Letzteres ist, wie die vorangegangenen Erläuterungen zeigen, sehr verschieden je nach Ursprungsland und Fundort. Die größte Gleichmäßigkeit finden wir noch in den russischen Öldistrikten, während z. B. in den amerikanischen Feldern die Verschiedenheiten derart von der Fundgegend abhängig sind, daß sogar die Rohöle desselben Distrikts bei den verschiedenen Bohrungen bzw. Quellen verschieden voneinander sind. In weitaus größtem Maße finden nun Mineralöle Verwendung zur Schmierung von Zylindern; hierbei sollten überhaupt, da solche Schmiermittel mit dem heißen Dampf in unmittelbare Berührung kommen, alle andern Schmiermittel ausgeschlossen werden. Die für die Herstellung eines guten *Zylinderschmieröls* erforderlichen Eigenschaften besitzen vorwiegend die amerikanischen Rohöle Pennsylvaniens. Bekanntlich unterscheidet man bei den Zylinderölen im Handel sogenannte helle Zylinderöle, die einfach durch Filtration ihrer dunkeln Farbe beraubt worden sind und deren Farbe zwischen dunkelrot und grünlichrot, sowie die durch Dampf gereinigten Sorten, die mehr oder weniger dunkelgrünbraun sind. In beiden Arten sind die amerikanischen Öle im allgemeinen vorzuziehen. Ebenso liefern die amerikanischen Rohöle gute *Spindelöle* und stehen denen Rußlands voraus. Dagegen sind auf dem Gebiete der *Maschinenschmieröle* die aus russischen Roh-

ölen hergestellten, wenn ihre Verwendung in voller Reinheit ohne Zusatz in Betracht kommt, unübertroffen. Hierin geht den amerikanischen Rohprodukten, insbesondere auch dem Erdöl in Texas, meist die genügende Viskosität ab. Den russischen Mineralschmierölen kommt besonders die Eigenschaft großer Viskosität und vollständiger Neutralität zu statten. Die galizischen Öle leiden meistens an starkem Paraffingehalt und mangelnder Dickflüssigkeit, sodaß im allgemeinen keine ohne Zusatzöle verwendbare Viskose, kältebeständige reine Mineralmaschinenöle oder Zylinderöle aus ihnen erzeugt werden können. Geeigneter dagegen sind die rumänischen paraffinfreien Öle, doch ist deren Ausbeute jetzt erst im Werden begriffen und kommt noch lange nicht an diejenige Amerikas und Rußlands heran.

Die weiteren Eigenschaften dieser Öle, d. h. Viskositätsgrad, Flammpunkt, Brennpunkt usw. der verschiedensten Fabrikate werden in ausführlichen Tabellen im übernächsten Kapitel gegeben.

Mit den aus den Erdöldestillaten gewonnenen Schmierölen haben wir die wichtigste und in der Praxis fast allein verwendete Gruppe der Mineralöle erläutert. In zweiter Linie finden die Destillate von Schieferöl Verarbeitung auf Schmieröl, diese Industrie ist jedoch so unbedeutend und namentlich durch die rapide Entwicklung der Erdölindustrie und der daraus gewonnenen Schmieröle in der Praxis sozusagen gänzlich verdrängt, daß nur der Vollständigkeit wegen hier ein ganz kurzer Überblick über ihre Gewinnung gegeben sei.

Das Ausgangsprodukt bildet das Schieferöl, es wird gewonnen aus der trockenen Destillation von bituminösem Schiefer, die mit oder ohne Vakuum erfolgt. Der bituminöse Schiefer ist eigentlich eine Braunkohlenart, die als brauner, toniger oder

kieseliger sehr bitumenreicher Schiefer von dünnschieferigem Gefüge unter der besonderen Bezeichnung Blätterkohle in Rott bei Bonn vorkommt, ferner in Climbach und Salzhausen in Hessen, bei Sieblos in dem Rhöngebirge, in Frankreich in der Auvergne, auf Sizilien usw. Er enthält organische Substanz, die bei trockener Destillation unter Luftabschluß den Schieferteer liefert. Daraus werden die flüchtigeren flüssigen Kohlenwasserstoffe als Schieferöl abgeschieden. Das Ergebnis ist ein sehr geringes, indem z. B. 100 kg Schiefer nur etwa 135 l Schieferöl ergeben, wobei allerdings noch nahezu 300 l Amoniakwasser und rund 60 cbm Gas gewonnen werden. Das in der früheren Schieferölfabrik Reutlingen während einer Reihe von Jahren durchgeführte Destillationsverfahren ergab nach Häussermann eine Ausbeute von nur 3,5 bis 4 % Rohöl. Dagegen erzielte man aus rheinischem Schiefer bis zu 20 % Teer. Der heute noch verarbeitete Schiefer in Grube Messel bei Darmstadt ergibt etwa 7 bis 10 %. Das so erhaltene Rohöl ist dunkelgrün, paraffinhaltig und hat ein spezifisches Gewicht von 0,86 bis 0,89. Die Zusammensetzung des Rohöls ergibt sich aus Analysen in Schädlers „Technologie der Mineralöle“ (Leipzig 1887), wonach der aus dem Liasschiefer gewinnbare Teer etwa 15 % leichte Öle, 42 % schwere Öle, 0,25 % Paraffin und 38 % Rückstand enthält; der Rest zerfällt während der Destillation in gas- und dampfförmige Produkte.

Zur Erzeugung von Schmieröl bestehen natürlich verschiedene Verfahren. Eines der neuesten ist das von A. Adiassewich nach D. R. P. Nr. 159262, das folgendermaßen arbeitet: — Die Destillation erfolgt dabei für alle Operationen unter Druck. Zunächst wird ein mit Blei ausgekleideter und mit Rührwerk und Heizschlange versehener Zylinder

mit verdünnter Schwefelsäure von 60 % Gehalt beschickt im Verhältnis von etwa $^3/_4$ der zu verarbeitenden Menge Schieferöl. Sodann wird letzteres eingeleitet und ein Druck von 1 bis 1 $^1/_2$ Atmosphäre im Zylinder erzeugt und dauernd erhalten. Zugleich läßt man, natürlich bei geschlossenem Zylinder, die Heizschlange von Dampf durchströmen, setzt die Rührvorrichtung in Tätigkeit und erteilt dem Öl durch die Heizschlange eine Temperatur von zirka 50° C, worauf man es $^1/_2$ Stunde lang läßt. Nach Abstellung von Rührwerk und Heizung läßt man das ganze eine Weile stehen, wobei sich die Säure und sonstige Beimengungen absetzen und abgelassen werden. Nach erfolgter Waschung des Öles mit destilliertem Wasser oder mit verdünnter Schwefelsäure, jedoch ohne Anwendung von Hitze und Druck, wird das Öl in einen zweiten Behälter mit etwa 0,3 % Ätznatron versetzt. Der Zusatz der Natronlauge erfolgt allmählich bei steter Betätigung des Rührwerks und Heizung, worauf ein Druck von 1 $^3/_4$ bis über 2 Atmosphären erzeugt und die Temperatur bis nahe zum Siedepunkt des Öles gesteigert wird. Letztere wird so lange aufrecht erhalten, bis die Mischung eine vollständige Emulsion ergeben hat. Dann wird das Rührwerk stillgesetzt und gekühlt, sodann kurze Zeit direkter Dampf durch das Öl geblasen. Nach Abzug von Natronlauge und Teer wird das Öl gewaschen und in einem Absetzgefäß mit indirektem Dampf völlig getrocknet. Das trockene Öl kommt in einen Behälter mit Rührvorrichtung und Rückflußkühlung; das dem Behälter abgelegenste Ende des Rückflußkühlers ist mit einem Ventil versehen und mit einem Apparat zum Absorbieren von Chlorwasserstoff verbunden. Das Öl wird wieder erhitzt und durchgerührt, wobei man bis zu zwei Gewichtsprozenten Aluminiumchlorid zugibt. Nach Erreichung einer

Temperatur von 150° läßt man diese drei Stunden dauern und sorgt durch das Ventil, daß der Druck 0,7—0,8 Atmosphären nicht übersteigt. Nach dieser Operation bleibt das Öl zum Absetzen kurze Zeit stehen, wird dann mit leichtem Kalkwasser gewaschen und destilliert, um das Brennöl vom Schmieröl zu trennen.

Dieser Werdegang möge als Beispiel für die auf dem Schmierölgebiet nur noch sehr untergeordnete Industrie genügen.

b) Pflanzenöle.

Rüböl. — Dieses findet von den Pflanzenölen die meiste Verwendung. Es wird gewonnen aus den Samen von Raps (Brassica Napus) und von Rübsen (Brassica Rapa). Demgemäß ist genau genommen eine verschiedene Bezeichnung, d. i. Rüböl und Rapsöl (Repsöl) am Platze, doch findet im allgemeinen eine solche Trennung nicht statt. Die im Herbst gesäten und im Sommer geernteten Winterpflanzen geben größere und dünnflüssigere Ausbeute als die im Frühling gesäten und im Herbst geernteten Sommerpflanzen. Dementsprechend schwankt die Ausbeute zwischen 30 und 40 %. Die Gewinnung erfolgt entweder durch zwei- bis dreimaliges Pressen der Samen unter Wärme oder durch Extrahieren mit Schwefelkohlenstoff. Letzere Methode ergibt ein reineres Produkt, wird aber hauptsächlich zu Laboratoriumszwecken zur Bestimmung des Ölgehalts benutzt, während erstere dem praktischen Großbetrieb dient. Danach erfolgt zunächst das Zerkleinern des Ölguts durch Walzwerke, hierauf Mahlen der zerkleinerten Masse im Kollergang, wobei man das sogenannte Saatmehl erhält. Letzteres wird mit Dampf auf zirka 80° erwärmt und in hydraulischen Pressen mit etwa 300 Atm. Druck gepreßt. Der dabei bleibende Rückstand,

Preßkuchen, wird wieder mit Dampf erhitzt und noch ein zweites Mal ausgepreßt. Das so gewonnene rohe Rüböl wird gereinigt und zwar erfolgt das Raffinieren in der bei den meisten durch Pressen gewonnenen Ölen üblichen Methode durch Schwefelsäure. Dazu ist natürlich ein mit Blei ausgeschlagenes Gefäß erforderlich, in das man die zu raffinierende Ölmenge gibt und bis 1 % der letzteren an konzentrierter Schwefelsäure, die man in ganz dünnem Strahle langsam zutreten läßt unter steter Bewegung des Öles durch ein Rührwerk. Da die Arbeit des Raffinierens um so rascher geht, je höher die Temperatur des Öles ist und damit auch eine Verminderung des Schwefelsäurezusatzes erfolgen kann, legt man in die Bleibottiche Bleirohrschlangen, die vom Dampf zur Heizung durchströmt werden und dem Öl eine Temperatur von 50°—70° C erteilen. Der Zutritt der Säure bedingt ein Schwarzwerden des Öles und sobald dieser Zeitpunkt eintritt, stellt man die Heizung ab, läßt aber das Rührwerk noch etwa ½ Stunde lang in Tätigkeit, bringt sodann die Flüssigkeit in einen anderen Behälter, in dem sie gut mit Wasser gewaschen wird. Es setzt sich dann auf den Boden des Behälters das mit Schwefelsäure angesäuerte und durch ausgeschiedene fein verteilte Kohle dunkel gefärbte Wasser ab, während oben das Öl schwimmt. Um letzteres gänzlich von Säure zu befreien, wäscht man es ein zweites Mal, manche arbeiten auch mit einem geringen Zusatz von Kalkmilch. Dies Raffinierungsverfahren mit Schwefelsäure hat den Vorteil, daß man gut hellfarbige und von den Konsumenten infolgedessen bevorzugte Öle erhält.

Zum Raffinieren von Rüböl wird auch häufig Zinkoxyd benutzt. Auch hierbei wird das Öl zunächst mit allerdings sehr geringen Mengen konzentrierter Schwefelsäure behandelt, dann gut in

heißem Wasser gewaschen bis alle Säure entfernt ist, d. h. bis die Säureprobe mit Chlorbaryum dies anzeigt. Das so behandelte Öl enthält aber meist noch etwas durch Einwirkung der Schwefelsäure gebildete Ölsäure, die bekanntlich auf Metallteile ätzend wirkt. Diese wird durch Behandlung mit Zinkoxyd entfernt, indem letzteres damit ölsaures Zinkoxyd bildet. Die Behandlung erfolgt in der Weise, daß man dem Öl unter beständigem Rühren Zinkoxyd in Pulverform als sogenanntes Zinkweiß zusetzt, im Gewichtsverhältnis 1 : 100. Darauf läßt man in Ruhe den größten Teil des ölsauren Zinkoxyds und auch des nicht veränderten Zinkoxyds absetzen und filtriert das Öl, wonach es fertig zum Gebrauch ist.

Will man ein dickflüssigeres Öl erhalten, so raffiniert man mit Bleioxyd, das Verfahren ist genau so wie bei Zinkoxyd, nur daß man an Stelle des letzteren Bleioxyd verwendet. Das gebildete ölsaure Bleioxyd setzt sich allerdings nicht ab, sondern bleibt in dem Öl gelöst, wodurch dessen Dickflüssigkeit begründet ist. Die Masse kann durch erhöhten Zusatz von Bleioxyd, bis zu 3 %, auf die Konsistenz von Schweinefett gebracht werden, was für manche Fälle erwünscht ist.

Schließlich ist für Rüböl noch die Raffinierungsmethode mit Kalilauge oder Natronlauge im Gebrauch. Dabei muß man aber mit sehr geringen konzentrierten Laugemengen arbeiten, da nur soviel Lauge sein darf, als zur Zerstörung und Abscheidung der fremden Stoffe nötig ist und jeder Überschuß an Lauge eine Verseifung und somit Verlust von Öl bedingt. Die erforderliche Menge ist daher für jede Ölsorte durch vorherige Proben zu bestimmen. Das Verfahren wird wie das Schwefelsäureverfahren in Wärme und unter Bewegung ausgeführt und später wird das Öl filtriert.

Es wirkt schnell und sicher, ergibt ein säurefreies Öl, jedoch erteilt es diesem nicht die schöne helle Farbe, sondern läßt ihm sein dunkles Aussehen, das eher noch dunkler ist nach der Raffinierung, was allerdings auf die Schmierfähigkeit nicht von Einfluß ist.

Das spezifische Gewicht des rohen Rüböls bei 15° C ist 0,914—0,917, das des raffinierten 0,913—0,915. Die Farbe ist gelb bis braungelb, der Geruch unangenehm. Seine Konsistenz ist dadurch charakterisiert, daß es bei etwa —3° C talgartige Beschaffenheit annimmt. Das Öl aus Winterfrucht erstarrt schon bei —7,5° C, das aus Sommerfrucht erst bei —10° C. Verseifungszahl 172—180 beim rohen und 174—180 beim raffinierten Öl; Jodzahl 97—105 beim rohen und 100—108 beim raffinierten Öl. Die Viskosität, bezogen auf Wasser bei 15° C ist für Winterrübsenöl 17,6, für Sommerrapsöl 16,4, bestimmt mit dem Vogelschen Öldichtigkeitsmesser.

Kohlsaatöl (Colzaöl) wird bereitet aus Kohlsaat, d. i. der eigentliche Sommerraps (Brassica campestris), in Belgien und Frankreich viel gebaut unter der Bezeichnung Colsat oder Colza. Seine Herstellung und Eigenschaften sind die gleichen wie bei Rüböl. Seine Viskosität, bezogen auf Wasser von 15° beträgt 18.

Oxydiertes Rüböl. Dieses gehört zu den sogenannten „Geblasenen Ölen" (blown oils) und wird zur Erhöhung der Viskosität von Mineralölen, besonders zur Erzeugung der Marineöle hergestellt aus Rüböl. Diesem Zweck dient ein Oxydationsapparat, der z. B. nach Krajensky (Chemiker-Ztg. 1907 No. 12) aus einem mit Dunstrohr (Abzugsrohr) versehenen geschlossenen Gefäß besteht. In letzterem liegt eine Rohrschlange, die abwechselnd zum Erwärmen und Kühlen des zu oxydierenden Rüböls

dient, indem man entweder Dampf oder kaltes Wasser durch die Schlange läßt. Auf dem Boden des Gefäßes liegt eine mehrfach gewundene durchlochte Rohrschlange, die mit einem Gebläse in Verbindung steht. Durch dieses wird komprimierte Luft in das zu oxydierende Öl eingeblasen. Der Betrieb erfolgt derart, daß das Gefäß zunächst bis zur Hälfte mit Öl gefüllt wird, dann wird der Dampf angestellt und das Öl durch das Gebläse mäßig bewegt. Ist eine Temperatur von 90° C erreicht, so stellt man den Dampf ab und das Gebläse wird in volle Tätigkeit gesetzt. Die Temperatur steigt allmählich von selbst und muß bei zu starkem Anwachsen durch Kühlung erniedrigt werden. Sie soll während der ganzen Operation zwischen 123 und 128° C gehalten werden durch abwechselnde Zufuhr von Dampf und kaltem Wasser in die Schlange. Die sich entwickelnden scharf riechenden Gase werden durch das Dunstrohr zweckmäßig einer Kondensationskammer zugeführt, wo sie durch herabrieselndes Wasser unschädlich gemacht werden. Die Operation ist beendet, wenn eine entnommene Probe das gewünschte spezifische Gewicht zeigt, das für oxydiertes Rüböl 0,960—0,965 betragen soll. Seine Viskosität bei 50° C nach Engler ist 20—24.

Rizinusöl, gewonnen aus den Samen des Wunderbaumes (Ricinus communis), der aus Afrika stammt und jetzt überall kultiviert ist. Die giftigen Samen enthalten gegen 40 % fettes Öl. Die Gewinnung erfolgt wie bei Rüböl durch Pressen, das Raffinieren ebenfalls wie beschrieben durch Schwefelsäure, doch wird es nachher durch Filtration über Knochenkohle gebleicht. Den gleichen Zweck dient auch die Behandlung mit Sonnenlicht, die es jedoch später bei Luftzutritt sehr leicht ranzig werden läßt. Das spezifische Gewicht bei 15° C ist 0,950—0,970, die Farbe ist farblos bis grünlich gelb, der Geruch

eigenartig, Geschmack mild, danach etwas kratzig. Bei 0° trübt es sich, der Erstarrungspunkt liegt zwischen —10° und —18° C. Verseifungszahl 180, Jodzahl 84,5. Seine Viskosität, bezogen auf Wasser von 15° C, ist 203, es unterscheidet sich daher von allen Tier- und Pflanzenölen durch seine große Zähflüssigkeit, sowie seine Löslichkeit in absolutem Alkohol und Eisessig, womit es in jedem Verhältnis mischbar ist. In Harzölen löst es sich verhältnismäßig wenig, in Mineralölen hat es sehr geringe Löslichkeit.

Olivenöl,. wovon insbesondere die nicht genießbaren Sorten unter dem Namen Baumöl gehen, wird aus den Früchten des Ölbaumes (Olea europaea) gewonnen. Diese werden mit den Kernen gemahlen und aus dem Saatmehl das Öl durch Pressen (wie Seite 52 beschrieben) entzogen. Das anfänglich braune Öl wird je nach der Sorte der gepreßten Oliven, nach 8—10tägigem Stehen gelb oder grün. Während ersteres für Speisezwecke dient, erfolgt die Verarbeitung des den schwarzen Früchten entstammenden grünen Öls zu technischen Zwecken. Auch die Früchte, aus denen man das Speiseöl entzogen hat, werden unter Erwärmen nochmals gepreßt. Das erhaltene Öl muß nun raffiniert werden in bekannter Weise mit 1 bis $1^1/_2$ % Schwefelsäure (siehe Seite 53). Für manche Fälle, z. B. als Uhrmacheröl, wird es ganz farblos gewünscht. Dies erreicht man durch Bleichen, indem man es in kleinen gut verschlossenen Flaschen an die Sonne stellt. Die Preßrückstände werden zerkleinert und mit Schwefelkohlenstoff extrahiert, wobei man das Sulfuröl erhält. Die bei der ersten Pressung (auf Speiseöl) nachgebliebenen Kerne werden extrahiert, man erhält daraus das Olivenkernöl. Die Ausbeute des Ölbaumes ergibt 30—50 %. Das spezifische Gewicht bei 15° C ist 0,915—0,920, die Farbe des zu technischen

Zwecken dienenden ungebleichten Baumöles ist goldgelb bis grünlich, der Geruch etwas streng, desgl. der Geschmack. Es erstarrt schon bei + 2° C unter Ausscheidung von Stearin und Trübung. Verseifungszahl 193, Jodzahl 82,8. Seine Viskosität, bezogen auf Wasser von 15° C, ist 21,6. Es hat von allen Pflanzenölen den größten Gehalt an freien Fettsäuren, dagegen ist es ganz frei von freier Ölsäure, ist leicht in Äther, sehr wenig in Alkohol löslich und wird seines hohen Preises wegen häufig verfälscht (siehe Seite 62).

Senföl kommt für die Schmierindustrie als fettes Senföl (im Gegensatz zu dem ätherischen Senföl) in Betracht und wird aus schwarzem Senf (Brassica nigra) und weißem Senf (Sinapis alba) in der beim Rüböl beschriebenen Weise durch Pressen, seltener durch Extraktion gewonnen. Das spezifische Gewicht ist bei Schwarzsenföl 0,917, bei Weißsenföl 0,914, bezogen auf 15° C; die Farbe bei ersterem bräunlichgelb, bei letzterem goldgelb, der Geruch bei ersterem senfartig, bei letzterem scharf, rübenartig, Geschmack mild bzw. scharf, Erstarrungspunkt ist —18° C bzw. —16° C. Die Verseifungszahl beider Arten ist 174, die Jodzahl 96. Viskosität, bezogen auf Wasser von 15° C, ist 17,4.

Sesamöl, gewonnen aus den Samen der Sesamkräuter (Sesamum indicum), die fast in allen tropischen Ländern, Syrien, Ägypten, Kapland und in der Türkei kultiviert werden, in Europa nur auf Malta, in Griechenland und am Marmarameer. Hauptausfuhrländer sind Ostindien, Siam, Sansibar, Lagos, Senegambien, Vorderasien. Aus den kleinen, weißen oder braunen Samen wird das fette Öl gewonnen, indem man sie zunächst kalt trocken preßt, dann kalt mit Schwefelsäure und schließlich warm mit Wasser befeuchtet. Haupthandelsplatz für Sesamöl

ist Marseille. Das spezifische Gewicht ist 0,920 bis 0,923, die Farbe ist hellgelb bis goldgelb, der Geruch ist sehr schwach, der Geschmack mild und angenehm, schwach hanfähnlich. Der Erstarrungspunkt liegt bei —5° C. Verseifungszahl 190—199, Jodzahl 106—108.

Baumwollsamenöl, auch als Kottonöl (Cotton oil) oder Niggeröl bezeichnet, wird aus den Samen der Baumwollstaude (Gossypium herbaceum) durch Pressen oder Extrahieren mit Schwefelkohlenstoff oder Petroleumäther als dunkelrotbraunes, fast braunschwarzes dickflüssiges Öl gewonnen. Die Baumwollsamen werden zu diesem Zwecke enthülst und die entschälten Samen zwischen eisernen Walzen zu Kuchen gepreßt, die in eisernen Pfannen auf etwa 80° erhitzt und dann auf hydraulischen Pressen unter hohem Druck gepreßt werden. Das so gewonnene Rohöl wird, ähnlich wie auf Seite 54 beschrieben, mit Kalilauge raffiniert, nachdem man vorher längere Zeit mit Wasser gekocht hat, um die Eiweiß- und Schleimteile zum Gerinnen zu bringen. Nach Behandlung mit Kalilauge setzt sich das raffinierte Öl oben ab und muß noch geklärt werden. Deshalb filtriert man es unter Druck durch Filter aus Moos oder getrockneter Hede. Zur raschen Klärung kann man auch sogenannte Raffinierkessel verwenden, die gewöhnlich aus zylindrischen eisernen Gefäßen bestehen, in denen innen eine Dampfschlange angeordnet ist, während direkt über dem Boden ein durchlöchertes Rohr liegt. Das Gefäß ist durch einen Deckel verschlossen, von dem ein Rohr zu einem Ejektor führt, um das Innere luftleer zu machen. Die Schlange bewirkt die Heizung des zu reinigenden Öles, durch das infolge der Saugwirkung des Ejektors atmosphärische Luft durch das durchlöcherte Rohr am Boden eintritt, hochsteigt und dabei das dem Öl beigemengte

Wasser verdampft bzw. mitnimmt. Es ist dies ein ähnliches Prinzip wie bei den geblasenen Ölen Seite 55 beschrieben. — Die Bleichung kann noch durch Chlorkalk erfolgen. — Das spezifische Gewicht bei 15° C ist 0,922—0,926, die Farbe ist je nach der Reinigung verschieden, von hellgelb bis orange, der Geruch schwach erdig, der Geschmack nußartig. Es scheidet schon bei 12° Palmitin ab, der Erstarrungspunkt liegt zwischen 0° und —2° C. Verseifungszahl 195—198, Jodzahl 105—110. Es ist ein schwachtrocknendes Öl, unlöslich in Alkohol, wenig löslich in Äther. Das Hauptursprungsland ist Amerika.

Palmöl führt wohl die Bezeichnung Öl, ist aber in normalem Zustand butterartig und daher zu den festen Schmiermittel zu rechnen, bei denen es genauer besprochen ist. — Dasselbe gilt von dem ihm verwandten Kokosöl. (Siehe S. 76—79).

Erdnußöl, auch Arachisöl oder Katjangöl genannt, entstammt den Früchten der in Südeuropa kultivierten Erdnußpflanze (Arachis hypogaea), die stark in Madras, in den südlichen Staaten von Amerika und in Afrika vertreten ist, z. B. werden aus Westafrika von Senegambien bis zum Kongo jährlich etwa 80 Millionen kg Samen ausgeführt. Die Früchte werden entschält, kalt gepreßt und dann in der üblichen Weise warm unter hydraulische Pressen gebracht. Die Ausbeute der Samen beträgt 38—50 %. — Das Erdnußöl hat bei 15° C ein spezifisches Gewicht von 0,918—0,920, die Farbe ist ganz hellgelb bis gelb, der Geruch und Geschmack bohnenartig. Schon bei +3° C beginnt es sich zu trüben, der Erstarrungspunkt liegt zwischen —3° C und —7° C. Verseifungszahl 193,5, Jodzahl 96. Es trocknet nicht, ist dünnflüssiger als Olivenöl und hält sich ziemlich lange.

Bucheckernöl oder Buchenkernöl, ist ein erst in neuerer Zeit mehr in Aufnahme gekommenes Öl, besonders im nördlichen Frankreich, Hannover und Thüringen, aus den Samen der Rotbuche (Fagus sylvatica), die beim Pressen bis zu $^1/_5$ ihres Eigengewichtes an Öl geben. Das Pressen erfolgt in bekannter Weise warm und ergibt ein dunkles Öl, das beim Raffinieren hell wird. Das spezifische Gewicht ist 0,922, die Farbe hellgelb bis gelb, der Geruch sehr schwach, der Geschmack scharf adstringierend, der Erstarrungspunkt liegt bei —17° C. Die Viskosität, bezogen auf Wasser von 15° C ist 17,5. Es ist ein nicht trocknendes Öl, das sich sehr lange aufbewahren läßt.

Außer den vorstehend besprochenen Pflanzenölen, die unmittelbar als Schmiermittel in Betracht kommen, gibt es noch einige, die zwar nicht selbst als Schmiermittel, aber zur Herstellung solcher zweckmäßig Verwendung finden, ferner solche, die lediglich als Verfälschungsmittel in Frage kommen, von beiden Arten seien jedoch wegen ihres indirekten Zusammenhanges mit den Schmiermitteln die wichtigsten nachstehend erläutert:

Als Zusatzmittel dienen folgende:

Mohnöl, aus dem Samen des Mohnes (Papaver somniferum) gewonnen, die etwa 33—50% Öl geben. Das Pressen kann in der üblichen Weise sowohl kalt als warm erfolgen, dann folgt das Raffinieren und schließlich das Bleichen in flachen Schalen mit Salzwasser im Sonnenlicht. Das spezifische Gewicht bei 15° C ist 0,925—0,935, die Farbe blaßgelb bis rötlichgelb, der Geruch angenehm eigenartig, der Geschmack erst angenehm, dann kratzend. Es bleibt noch bis zu —15° C dickflüssig und klar, der Erstarrungspunkt liegt zwischen —18° und —20° C. Die Viskosität, bezogen auf Wasser von 15° C, ist 13,6. Ver-

seifungszahl 193,7, Jodzahl 138. Es ist ein trocknendes Öl, ziemlich zähflüssig und in Alkohol löslich.

Kürbisöl, aus den Kernen der Kürbisse (Cucurbita) in bekannter Weise durch Pressen gewonnen als sattgrünes Öl, das zu den halbtrocknenden Ölen gehört.

Mandelöl wird aus den bitteren oder süßen Mandeln, d. i. den Früchten des Mandelbaums (Amygdalus communis), der besonders in Asien und den Mittelmeerländern angebaut ist, gewonnen. Die Mandeln werden zerstoßen oder auf Kollergängen gemahlen und kalt gepreßt. Dabei erhält man ein trübes schleimiges Öl, das sich beim Lagern klärt und nach dem Filtern seine völlige Reinheit erhält. Vielfach wird auch ein Gemisch aus bitteren und süßen Mandeln verwendet. Das spezifische Gewicht ist 0,917—0,919, die Farbe gelblich, der Geruch sehr schwach, der Geschmack angenehm süßlich. Der Erstarrungspunkt liegt bei —21° C. Verseifungszahl 195,5, Jodzahl 82—99. Es ist ein nicht trocknendes Öl, das aber leicht ranzig wird.

Zur Verfälschung werden benutzt:

Hanföl, aus dem Samen des Hanfes (Cannabis sativa), der sowohl in den Tropen als auch in der gemäßigten Zone kultiviert wird; die Ausbeute an fettem Öl aus dem Samen beträgt 25—35 %. Durch Pressen erhält man ein grünlichgelbes Öl, das sich durch Liegen klärt und gelb wird. Das Raffinieren erfolgt durch Schwefelsäure. Das spezifische Gewicht ist 0,925—0,930, die Farbe in frischem Zustand grünlichgelb, bei älterem Öl bräunlichgelb. Der Geruch ist typisch nach Hanf, der Geschmack mild aber unangenehm. Es ist noch bis zu —15° C dickflüssig und klar, der Erstarrungspunkt liegt bei —27° C. Die Viskosität, bezogen auf Wasser

von 25° C ist 9,6. Verseifungszahl 193, Jodzahl 150. Es ist ein trocknendes Öl und löst sich in Alkohol.

Leinöl wird in großen Mengen aus dem Samen des Flachses (Linum usitatissimum) (des Leins) für technische Zwecke durch Pressen in Wärme gewonnen nach der bei Rüböl (Seite 52) beschriebenen Methode. Das Bleichen erfolgt häufig durch Erhitzen mit Kalilauge oder durch Behandeln mit 30 %iger Lösung von Eisenvitriol. Das spezifische Gewicht bei 15° C ist 0,925—0,935, die Farbe des warm gewonnenen gelb bis bräunlichgelb, der Geruch eigenartig nach Flachs, desgleichen der Geschmack. Es trübt und verdickt sich in der Kälte, sein Erstarrungspunkt liegt bei —27° C. Die Viskosität, bezogen auf Wasser von 15° C, beträgt 9,7. Verseifungszahl 193, Jodzahl 170. Leinöl ist ein trocknendes Öl, das bei längerem Stehen an der Luft dunkelbraun, dickflüssig und ranzig wird.

Der Vollständigkeit wegen sei bei den Pflanzenölen noch erwähnt, daß auch aus Holz Schmieröle hergestellt werden, indem der bei der Kohlenbrennerei in Meilern als Nebenprodukt erhaltene Holzteer destilliert wird. Man gewinnt dabei leichtes und schweres Teeröl; ersteres wird zu Ersatz für Terpentinöl verarbeitet, letzteres zu Schmieröl. Doch hat diese Fabrikation keine besondere praktische Bedeutung, so daß hier in Anbetracht des beschränkten Raumes nicht näher darauf eingegangen sei.

c) Harzöle.

Die Harzöle finden zwar nicht unmittelbar selbst Verwendung als Schmiermittel, haben jedoch zur Herstellung der verschiedensten Schmiermittel ein so ausgedehntes Anwendungsgebiet, daß es sich wohl verlohnt, hier etwas näher auf sie einzugehen.

Die Herstellung der Harzöle greift zurück auf das sogenannte Fichtenharz, das ist nicht etwa das Harz von Fichten allein, sondern die Harze aller Nadelhölzer, wie z. B.: von Fichte, Tanne, Strandkiefer, Schwarzföhre, Weißföhre, Lärche, Kiefer, kanadische Balsamtanne usw. werden unter dieser Bezeichnung zusammengefaßt. Aus diesem Fichtenharz (Terpentin) wird zunächst durch Destillation das in der Farbenindustrie wichtige Terpentinöl gewonnen und als Rückstand dieser Fabrikation bleibt das Kolophonium. Letzteres ist je nach dem Ursprungsland ein gelbes bis braunes, glasartig durchsichtiges oder durchscheinendes sprödes Harz, das fast geruchlos ist und schwach terpentinartigen Geschmack hat, bei 70° weich wird und 100—135° schmilzt. Dieser Körper ist das eigentliche Rohprodukt für die Herstellung der Harzöle auf dem Wege der trockenen Destillation.

Sollen die Harzöle, wie es uns hier interessiert, als Schmiermittel bzw. zur Herstellung solcher erzeugt werden, so ist bei der Destillation zu berücksichtigen, daß die unter gewöhnlichem Verlag der Destillation neben den Kohlenwasserstoffverbindungen sich ergebenden sauren Verbindungen vermieden werden müssen, weil sie die Metalle angreifen würden. Dies erreicht man durch entsprechende Zusätze bei der Harzöldestillation. Letztere ergibt zunächst die saueren wässerigen Flüssigkeiten, die auf Essigsäure verarbeitet werden. Sodann destillieren leicht flüchtige thymianartig riechende gelbe Öle über, die als leichte Harzöle unter den Bezeichnungen Pinolin, Harzessenz, Harzspiritus oder Harzgeist bekannt sind und weiter verarbeitet werden. Danach destilliert bei gleichmäßiger langsamer Temperatursteigerung sogenanntes dickes Harzöl über und zwar zunächst helles dickflüssiges Harzöl, nach Boleg als Blondöl bezeichnet, nach

M. Lach Kochöl als Gemisch von Pinolin und dem in der folgenden Destillationsperiode übergehenden Pechöl, das besonders wertvoll ist. Es folgt dann der Übertritt eines blau schimmernden dickflüssigen Öles, des sogenannten Blauöls, das vielfach zur Wagenfettfabrikation dient. Hierauf kommt ein etwas dünnflüssigeres Öl, gelb und grün schimmernd, das als Grünöl (nach Boleg) der Wagenfettfabrikation und Karbolineumerzeugung dient. Nach M. Lach ist dieses letzte Öldestillat als Brandöl bezeichnet und dient auch als Zusatz von Blauöl. Der Rückstand, der nach Abgang der zu Heiz- und Leuchtzwecken verwendeten Gase bleibt, ist das sogenannte Schmiedepech, welches einen Bestandteil des bekannten Schusterpeches bildet. Die Destillation kann man natürlich, je nachdem man auf Erziehung des einen oder andern Produktes, z. B. Pinolin oder Blauöl, mehr Gewicht legt, auf entsprechende Weise verschieden in die Wege leiten, z. B. gibt es auch eine Art, die nach dem Grünöl noch ein sogenanntes Rotöl ergibt. In letzterem Falle muß man natürlich auf das Schmiedepech verzichten und erhält bei dieser so weit getriebenen Destillation Koks als Rückstand.

Das zuerst übergegangene leichte Harzöl (Pinolin) wird einer weiteren Destillation bei 120 bis 130° C unterworfen, die jedoch mit großer Vorsicht auszuführen ist. Man erhält dann als erstes hellbraunes Destillat das eigentliche aber noch ungereinigte Pinolin und als folgendes Produkt ein violettes, an der Luft blau werdendes Öl, das Tranöl oder Codöl, das in der Schmiermittelfabrikation ausgedehnte Verwendung findet. Das ungereinigte Pinolin wird mit der gleichen Menge Wasser, 10% ungelöschtem Kalk und 2% Soda in verschlossener Destillierblase unter Wärmezufuhr raffiniert.

Zur Destillation des Kolophoniums gemäß der im Prinzip oben beschriebenen Weise hat man natürlich die verschiedenartigsten Apparate und Verfahren je nach dem gewünschten Produkt. Für die Destilliergefäße hat sich im allgemeinen die kugelige Form als praktisch erwiesen, für die Feuerung Bodenfeuerung ohne Stichflammenbildung; als Kühlschlangenmaterial wird Kupfer empfohlen. Man verwendet sowohl einfache Destillationsapparate als auch solche mit doppelter Kondensation. Ferner wird auch mit Vakuumdestillierapparaten gearbeitet, z. B. gelangt bei dem hiernach arbeitenden Apparat von Kraemer & Flammer neben der direkten Feuerung noch überhitzter Dampf zur Verwendung, doch soll dies für Harzöle zur Wagenfettfabrikation nur wenig in Gebrauch sein. Auch Apparate für die bereits bei der Erdöldestillation auf Seite 39 behandelte kontinuierliche Destillation, z. B. von Hirzel, sind in der Harzöldestillation in Anwendung. Es würde eine Literatur für sich ergeben, alle die Mannigfaltigkeiten der Harzöldestillation, die soviel Verschiedenheiten wie kaum eine andere Destillation aufweist, ausführlicher zu erläutern und würde an dieser Stelle zu weit führen, da wir vor allem dem Leser einen klaren Überblick über das Wesentlichste der Fabrikation geben wollen und die Klarheit durch zu weitgehende Ausführungen nur getrübt würde. Wir wollen daher das Gebiet der Destillation verlassen und kurz das Raffinieren der nach Abgang des Pinolins noch übertretenden Destillate betrachten. Zum Raffinieren kommen davon das Blondöl und das Blauöl in Betracht.

Zu diesem Zwecke wird z. B. nach Boleg das Blondöl zunächst gewaschen, indem man es mit $^1/_4$ seines Gewichts an heißem Wasser mittels direkten Dampfes kocht, dann das Wasser abläßt

und das gewaschene Öl mit Natronlauge so lange kocht, bis sich durch Probeentnahme feststellen läßt, daß das Öl harz- und säurefrei ist. Dann setzt sich bei Ruhe die Lauge ab, wird abgeleitet, und das Öl wird durch heißes Wasser und direkten Dampf wieder gewaschen. Hierauf läßt man das Öl in das Bleich- bzw. Oxydationsbassin, worin es bei etwa 80° C mit eingeblasener Luft 2—3 Stunden behandelt wird; vorteilhaft ist ein geringer Zusatz von Salzwasser, um die Bildung von Brandharzen zu vermeiden. Als Endprodukt erhält man ein vollkommen säurefreies, harzfreies Öl.

Zur Entfernung des Harzgehaltes und des Geruches sowie der blauen Fluoreszenz wird nach einem Verfahren von W. Kelbe in Karlsruhe das Harzöl in der Wärme mit Natronlauge vom spezifischen Gewicht 1,115 behandelt und in flachen Gefäßen warm einige Tage an der Luft gereinigt,

Ferner seien noch als Raffinierverfahren die von Kraemer & Flammer, sowie von Dr. A. Herrburger, welch letzterer mit Mennige und Salzsäure arbeitet, genannt.

Das spezifische Gewicht der Harzöle schwankt zwischen 0,950 und 0,970, die Farbe variiert gemäß obigen Ausführungen zwischen hellgelb und violett. Der Geruch ist harzig, der Geschmack ist stechend bitter. Sämtliche Harzöle haben einen sehr tief liegenden Erstarrungspunkt und sind bei ziemlich niederer Temperatur noch flüssig. Bei längerem Einfluß der Luft bilden sie Säuren. Die sauren Harzöle, die lediglich Verwendung zur Wagenfettfabrikation finden können, zeichnen sich durch große Löslichkeit in Alkohol aus.

d) Tieröle.

Klauenöl ist als vorzügliches Schmiermittel bekannt und wird meist aus den Klauen der Ochsen,

einer guten Ölausbeute zu große Mengen davon braucht, die Anwendung von Tetrachlorkohlenstoff ist seines hohen Preises wegen nicht rentabel, dagegen ergibt Petroleumbenzin sehr gute Resultate. Auch hierbei werden die Knochen vorher gut zerkleinert, damit sie vom Petroleumbenzin möglichst vollständig durchdrungen werden. Sie werden dann in das Extraktionsgefäß geschafft und dieses mit Benzin aufgefüllt. Hierauf wird das Ganze am besten durch indirekten Dampf erwärmt, wobei sich Benzindämpfe bilden; letztere lösen das Fett der Knochen, das sich im Extrakteur ansammelt, während die Benzindämpfe nach einem Kühler geleitet, dort verdichtet und dann zu neuer Verwendung dem Sammelbehälter wieder zugeleitet werden. Nach gewisser Zeit, wenn man annehmen kann, daß die Benzindämpfe sämtliche Luft aus dem Extrakteur entfernt haben, schließt man diesen luftdicht ab und erhitzt weiter, indem man dadurch das Innere des Extrakteurs unter Druck bringt. Hat letzterer einige Zeit gedauert, so ist die Entfettung der Knochen vollständig und das Extrahat hat sich auf dem Boden gesammelt. Es wird durch ein Sieb in einen Destillierkessel abgelassen, in welchem man die noch darin enthaltenen Benzindämpfe abdestilliert und die vorgenannten Kühler verdichtet, das gewonnene Öl aber abzieht. Letzteres ist bei dieser Methode so rein, daß es keiner Raffinierung mehr bedarf, höchstens käme für besondere Zwecke noch ein Bleichen in Betracht. Nach J. L. C. Eckelt, Berlin, der derartige Anlagen in großer Menge ausgeführt, rechnet man auf 100 kg Extraktionsgut 0,25—0,5 kg Extraktionsmittel. Da Benzin bereits bei 60° C siedet, ist bei einer solchen Anlage die Feuergefährlichkeit sehr groß, was allerdings bei Tetrachlorkohlenstoff vermieden wird.

Als weiteres Verfahren, das auch ein ohne nachfolgende Raffinierung brauchbares Knochenöl liefert, sei das von F. A. Rißmüller in Hannöverisch-Minden genannt. Danach werden die zerkleinerten Knochen in offenen Pfannen in einer auf etwa 60° C erwärmten Schwefelsäure von 45° Bé mehrere Tage lang einem Auflösungsprozeß unterworfen. Aus der Lösung kann man dann das klare Öl abschöpfen. Allerdings liefert dies Verfahren keine für die Leimfabrikation brauchbaren Rückstände, doch lassen sie sich eventuell zu Düngezwecken verarbeiten.

Das Raffinieren des nach der Kochmethode mit Wasser gewonnenen Knochenfettes erfolgt mit dem bekannten Königswasser (auch Scheidewasser genannt), das aus einem Raumteil weißer Salpetersäure und vier Teilen roher Salzsäure besteht. Das Raffinieren geschieht in mit Blei ausgekleideten Gefäßen, in die man Knochenfett mit Königswasser, 100 : 1 bis 100 : 1,5 bringt und durch ein Rührwerk innig vermischt. Das Gemisch läßt man dann mehrere Stunden stehen, worauf die sich unten absetzende Säure abgelassen wird, während man das Öl im Gefäße zurückbehält. Es wird dann mehrmals durch warmes Wasser gewaschen, bis es vollständig säurefrei ist. Das so gereinigte und gebleichte Knochenöl wir noch mit Ätzkalk oder mit Bleioxyd behandelt, um die darin noch enthaltene freie Ölsäure zu entfernen, die bei seiner Verwendung als Schmiermittel die geschmierten Metallteile angreifen würde. Während jedoch bei der Behandlung mit Ätzkalk das Öl seine Dünnflüsssigkeit behält, erzielt man durch Behandlung mit Bleioxyd eine teigartige Masse, die als Schmierfett für Wagenachsen u. dgl. brauchbar ist.

Ältere, schon teilweise in Zersetzung übergegangene Knochen werden in gleicher Weise be-

handelt, liefern jedoch nach dem Kochen ein braunes, übelriechendes, dickflüssiges, fast teigartiges Fett, das zur Verarbeitung auf Knochenöl (Knochenfett) (siehe Seite 69) dient. Zu diesem Zwecke wird die aus dem Kochen erhaltene Masse raffiniert, indem man sie längere Zeit unter stetem Umrühren unter Zusatz chemischer Agenzien schmelzt und dann heiß filtriert. Als solches Agenz dient z. B. ein Zusatz von geringen Mengen Weinstein und Borax in Pulverform; auch Braunstein wird als Agenz benutzt mit Schwefelsäure. Aus der beim Raffinieren erhaltenen Masse erhält man dann durch Auspressen oder Ausfrierenlassen das Knochenfett, das identisch ist mit Knochenöl.

Das Knochenöl hat je nach seiner Erzeugungsart bzw. dem Rohmaterial, ein spezifisches Gewicht von 0,914 bis 0,916, die Farbe des nicht gebleichten Öles ist strohgelb; der Geruch und Geschmack eigenartig. Verseifungszahl 194—195, Jodzahl 46,3—55,3. Es zeichnet sich ganz besonders durch seine große Kältebeständigkeit aus.

Tran ist das billigste aller Öle und findet daher, namentlich in Amerika, ziemlich ausgedehnte Verwendung als Schmiermittel bzw. zur Herstellung solcher. Da der Tran auch flüssig ist wie Öl, sei jedoch hier gleich Verwechslungen vorgebeugt und bemerkt, daß er nicht identisch ist mit dem auf Seite 65 beschriebenen Tranöl. Er wird gewonnen aus dem Speck von Walfischen, insbesondere von Grönlandwal, Grindwal, Pottfisch, von Robben, besonders Seehunden, Ohrenrobben und Walrossen, sowie von Haifischen und Delphinen. Demgemäß unterscheidet man Waltrane, Robbentrane und Fischtrane. Den besten Tran erhält man, wenn die Herstellung direkt nach dem Töten der Tiere auf dem Schiff selbst stattfindet, doch ist dies natürlich bei den heute in Betracht kommenden Mengen nicht mehr allgemein

durchführbar. Zwecks Gewinnung des Tranes werden die in Stücke geschnittenen Speckmassen mit Wasser oder Dampf ausgekocht, wobei sich der Tran auf dem kochenden Wasser sammelt und abgeschöpft wird. Derartig aus frischem Speck gewonnener Tran bedarf keiner weiteren Verarbeitung, ist der verwendete Speck jedoch schon älter, so ist der rohe Tran noch einem Reinigungsprozeß zu unterwerfen. Die beim Kochen erhaltenen Rückstände ergeben durch Pressen eine etwas geringwertigere Transorte, die ebenfalls gereinigt werden muß.

Eine andere Gewinnungsart besteht darin, den Speck solange lagern zu lassen, bis der dabei eintretende Fäulnisprozeß zur unmittelbaren tropfbaren Abscheidung von Tran führt. Derartig durch Abtropfen gewonnener Tran ist von guter Qualität, aus den Rückständen läßt sich durch Auskochen noch zweitklassiger Tran herstellen, der, wie auch beim vorigem Produkt aus altem Speck schon angegeben, auch noch gereinigt werden muß.

Zur Reinigung des Rohtranes sind verschiedene Verfahren in Anwendung; da es sich vor allem darum handelt, den darin enthaltenen Leim zu beseitigen, bringt man ihn zusammen mit Gerbextrakten aus Eichenholz, Kastanienholz usw. Man erwärmt also z. B. den Rohtran mit Lohbrühe zusammen, durch deren Gerbstoff der Leim zum Gerinnen kommt und sich als Bodensatz niederschlägt. Man kann jedoch den Leim auch mit Alaunlösung, Bleiazetat, Kupfervitriollösung und dergleichen fällen. Die noch im Rohtran vorhandenen übelriechenden Zersetzungsprodukte werden hierauf durch Chlorkalklösung entfernt.

Da in vielen Fällen ein wasserklares Fabrikat gewünscht wird, bedient man sich verschiedener Verfahren zum Entfärben und Geruchlosmachen

des Tranes. Ein solches besteht in der Behandlung des Tranes mit kaustischer Pottaschelauge von etwa 3° Bé und Erhitzung auf 60—65° C. Darauf wird durch Absetzenlassen das Wasser entfernt, indem man den Tran abhebert und ihn dann durch Wasserdampf von den noch beigefügten Schleimteilen befreit. Nachdem man ihn nun filtriert hat, erwärmt man ihn mit verdünnter Schwefelsäure und setzt ihm Tierkohle zu, worauf man nach nochmaliger Filtration ein wasserhelles geruchloses Fabrikat erhält.

Die verschiedenen Stadien ergeben natürlich Tran von ziemlich verschiedenem spezifischen Gewicht und sehr verschiedener Farbe. Das spezifische Gewicht schwankt zwischen 0,915 und 0,930. Die Farbe des raffinierten Tranes ist hellgelb bis goldgelb, die des Rohtranes dunkelgelb bis dunkelbraun, letzteres besonders bei dem aus gefaultem Speck. Der Geruch des Rohtranes aus gefaultem Speck ist widerlich tranig, der des Rohtranes aus frischem Speck ist schwach tranig, während raffinierter Tran einen leichten Fischgeruch besitzt. Der Geschmack ist entsprechend mehr oder weniger tranig, im allgemeinen mild. Der Erstarrungspunkt schwankt zwischen +5° C und —3° C. Verseifungszahl 85—290, Jodzahl 30—150. Tran zeichnet sich noch dadurch aus, daß er leichter als sämtliche Tier- und Pflanzenöle in Alkohol löslich ist.

Spermacetiöl, auch Spermöl oder Walratöl genannt, ist das aus dem sogenannten Walrat gewonnene Öl und zwar ist Walrat ein Fett, das in den Schädelhöhlen des Potwales enthalten ist (siehe Walrat auf Seite 83). Durch Auspressen des rohen Walrats erhält man verhältnismäßig geringe Mengen Waltratöl, das seine Zähflüssigkeit dauernd behält. Das spezifische Gewicht des Walratöles ist

0,875—0,884, die Farbe ist hellgelb, der Geruch schwach tranig, bei minderwertigen Sorten unangenehm, der Geschmack ist der eigenartige charakteristische Trangeschmack. Der Erstarrungspunkt liegt bei —10° C meist noch darunter. Verseifungszahl 132, Jodzahl 84. Das Spermacetiöl zeichnet sich durch seine geringe Zähflüssigkeit und sehr große Widerstandsfähigkeit gegen den Einfluß der Luft aus.

Talgöl ist das aus dem Talg (siehe Seite 79) durch Auspressen bei niederer Temperatur gewonnene Öl, das schon bei gewöhnlicher Temperatur flüssig ist und auch zur Herstellung flüssiger Schmiermittel dient.

Specköl, auch Lardöl oder Schmalzöl, wird durch Pressen von Schmalz (siehe Seite 82), besonders Schweineschmalz, erhalten als dünnflüssiges Öl, wobei gleichzeitig ein festes Fett, das sogenannte Solarstearin, erhalten wird. Jedoch muß man bei der Bezeichnung Schmalzöl vorsichtig sein, da damit auch ein anderes geschätztes Schmiermittel bezeichnet wird, das aus Rüböl durch Behandeln mit Lauge und überhitztem Dampf als reines goldgelbes Öl gewonnen wird. — Das spezifische Gewicht des Specköls ist 0,915, die Farbe blaßgelb, der Geruch besonders in warmem Zustand bemerkbar und dann speckartig, der Geschmack sehr schwach. Bei 0° C beginnt Stearinausscheidung, der Erstarrungspunkt liegt zwischen —1° und — 5° C. Verseifungszahl 194. Jodzahl 60.

2. Feste Schmiermittel.

Die festen Schmiermittel lassen sich bezüglich ihrer Beschaffenheit in zwei Hauptgruppen teilen, nämlich in Fette und in Mineralien. Letztere könnte man auch als trockene Schmiermittel be-

zeichnen. Bei den Fetten ist am zweckmäßigsten eine Unterteilung hinsichtlich ihres Ursprungs vorzunehmen und zwar unterscheidet man demgemäß zwei prinzipiell voneinander verschiedene Abteilungen, nämlich Pflanzenfette und Tierfette. Dazu kommt ein Schmiermittel, das man eigentlich mangels genügender Kenntnis der Entstehung seines Rohproduktes, des Erdöls, nicht klassifizieren kann. Es ist dies das bekannte Vaseline, das seiner Beschaffenheit nach ein Fett ist, allerdings von etwas anderer chemischer Zusammensetzung, die man chemisch als Wachs bezeichnet und wozu streng genommen auch das Walrat gehört. Doch sei es, wie auch letzteres, hier aus praktischen Gründen unter die Fette gesetzt. Bei den Fetten lassen sich hinsichtlich ihrer Beschaffenheit talgartige und schmalzartige Fette unterscheiden. Die talgartigen Fette sind ziemlich fest, hart und haben verhältnismäßig hohen Schmelzpunkt, ihnen gehören vorwiegend Fette tierischen Ursprungs an. Die schmalzartigen Fette sind weich, butterartig und haben tieferliegenden Schmelzpunkt, ihnen gehören neben tierischen Fetten vorwiegend die Fette pflanzlichen Ursprungs an. Dieselben sind allerdings im Sprachgebrauch nicht alle als Fette bezeichnet, wie z. B. es beim sogenannten Palmöl und Kokosöl der Fall ist.
Bei den Mineralien ist eine Unterteilung nicht erforderlich, zumal wir es hier nur mit einigen wenigen zu tun haben.

a) Fette.

1. Pflanzenfette.

Palmöl, eigentlich Palmfett zu nennen, wird aus den Früchten mehrerer Palmenarten gewonnen, in erster Linie von der auf Neu-Guinea heimischen und an den Küstenländern Westafrikas wachsenden

Ölpalme (Elaeis guinensis), ferner von Elaeis melanococca in Süd- und Mittelamerika und anderen. Der Gewinnung des Palmöls dient lediglich das Fruchtfleisch der Palmfrüchte, das entweder durch Auskochen mit Wasser, (wie bei den Pflanzenölen schon beschrieben) oder durch Auspressen mit hydraulischen Pressen verarbeitet wird. Während die Ölgewinnung aus dem Fruchtfleisch meist im Ursprungsland erfolgt, werden die Palmkerne in großen Mengen nach Europa geschafft. Das so gewonnene Palmöl ist für viele Zwecke unmittelbar verwendbar, hat jedoch eine sehr intensive Farbe, die vielfach nicht erwünscht ist, so daß es auch häufig noch einem Bleichverfahren unterworfen wird. Für letzteres hat man eine ganze Anzahl von Methoden, von denen eine Anzahl auf der Anwendung von Hitze beruhen, wie z. B. das Polsche Verfahren mit schnellem Erhitzen auf 240° C arbeitet. Doch muß man dann das Rohöl vorher gut mit warmem Wasser auswaschen, um ja alle etwa noch vorhandenen Fruchtfleischfasern und dergleichen zu entfernen, damit sie nicht mit erhitzt werden. — Eine ganze Reihe von Bleichverfahren beruht auf der Anwendung chemischer Mittel, wobei natürlich allen die Entfernung jeglicher Unreinigkeiten aus dem Palmfett vorangehen muß, indem man es bei etwa 60—70° C schmilzt und längere Zeit stehen läßt, damit sich die Beimengungen am Boden absetzen. Bei dem Verfahren von Michalis wird das gereinigte Palmöl in der Wärme unter stetem Umrühren mit Braunsteinpulver behandelt, Wasser zugegeben und etwas englische Schwefelsäure aufgebraust. Das dann abgezogene Öl wird an der Luft dem Bleichen durch Licht unterworfen. Nach Davidson kann man auch die Bleichung mit Chlorkalklösung in Wasser ausführen und dann durch Licht nachbleichen. Engelhardt behandelt das geschmolzene

Palmöl mit einer Lösung von doppeltchromsaurem Kali und Salzsäure und erzielt dabei eine so gute Bleichung, daß ein Nachbleichen mit Licht nicht erforderlich ist. Die Methode von Watt beruht gleichfalls auf der Anwendung einer konzentrierten Lösung von doppeltchromsaurem Kali, der er aber Schwefelsäure und Salzsäure beigibt oder auch statt der letzteren Kochsalz. Ohne Chemikalien lediglich durch Luft und Sonnenlicht bleicht Payen, indem er unter Einwirkung indirekter Dampfheizung das Öl in flachen offenen Pfannen auf Wasser schwimmend 1—2 Tage lang bei 100° C der Einwirkung von Luft und Licht aussetzt. Das so gewonnene Fett wird gepreßt, nochmals erwärmt und zum Schlusse gepreßt. Die Palmölschicht in den Pfannen soll nicht stark sein, damit das Licht möglichst hindurchdringen kann.

Das spezifische Gewicht beträgt 0,92—0,92; zwischen frischem und älterem Palmöl ist ein auch für den Laien erkennbarer Unterschied, die Farbe des ersteren ist gelb bis pommeranzenähnlich, des letzteren wesentlich dunkler. Frisches Palmöl ist butterartig, älteres dagegen fester und bröckelig. Der Geruch des frischen Öls ist veilchenartig, wird an der Luft aber schon sehr schwach, der des älteren ist unangenehm. Der Geschmack ist süßlich Der Schmelzpunkt liegt für frisches Öl bei 27° C, für älteres Öl bei 42° C. Der Erstarrungspunkt ist zwischen 31—39° C. Verseifungszahl 201—203, Jodzahl 51,5.

Palmkernöl ist das aus den Kernen der oben genannten Palmenarten gewonnene Öl.

Kokosöl, auch als Kokosnußöl oder Kokosbutter bezeichnet, ist das aus den Fruchtkernen (Copra) der Kokospalme (Cocos nucifera) erhaltene Fett. Der Baum gedeiht in Westafrika und auf den Sundainseln, Ceylon und Cochinchina. Während

früher die Ölausbeute direkt in den Heimatsländern, vielfach durch Eingeborene, erfolgte, wird das Öl heute größtenteils in Europa aus den Kernen hergestellt, die man aus jenen Ländern, aus Brasilien, Bengalen usw. importiert. Die als Copra bekannten Fruchtkerne ergeben 60—70 % Kokosöl. Die Gewinnung kann auf kaltem oder auf warmem Wege durch Pressen erfolgen; ersteres Verfahren wird meist von den Eingeborenen ausgeführt, welche nach vorherigem Kochen die Kerne zerstoßen und pressen. Dieses ergibt eine geringere Ausbeute als bei der Pressung unter Wärmezufuhr und mit starken hydraulischen Pressen erzielt wird. Als Schmiermittel für gewöhnliche Zwecke kann es unmittelbar nach der Pressung benutzt werden, für bessere Schmierzwecke dagegen ist es einer Reinigung zu unterziehen und eventuell einer Geruchlosmachung. Die Reinigung erfolgt unter Wärme durch Zusatz von Sodalauge und Kochsalz, worauf das Kochen mit Wasser und Salizylsäure solange erfolgt, bis das gesamte Wasser verdampft ist. Zum Geruchlosmachen dient schon längere Zeit fortgesetztes starkes Erhitzen.

Das spezifische Gewicht ist 0,926, die Farbe ist weiß bis gelblich, der Geruch eigentümlich süßlich, nach fetten Säuren, der Geschmack mild. Der Schmelzpunkt liegt zwischen 20 und 28° C, das durch kaltes Pressen gewonnene Öl ist fester als das in Wärme und unter hohem Druck erzeugte; erhitzt man es einige Zeit auf 240° C, so bleibt es tagelang flüssig. Verseifungszahl 255, Jodzahl 9. Es löst sich gut in siedendem Alkohol, Äther, sowie flüchtigen und fetten Ölen, wird aber an der Luft rasch ranzig.

2. *Tierfette.*

Talg ist das aus den Fettmassen in Bauchhöhle, um die Nieren usw. der Wiederkäuer ge-

wonnene Produkt und man unterscheidet je nach Herkunft Rindertalg von Ochsen, Kühen und Kälbern, Hammeltalg oder Schöpsentalg von Schafen und Ziegen. Das Fett geht unter der Bezeichnung Rohtalg, den man häufig in die zusammenhängenden großen Fettmassen, den Rohkern, und die mit Blut und Hautteilen durchsetzten Abfälle, den Rohausschnitt, scheidet.

Die Verarbeitung des Rohtalges erfolgt auf zweierlei Art, durch sogenanntes trockenes Schmelzen und durch nasses Schmelzen. Das trockene Schmelzen beruht allein auf der Anwendung von Wärme, während beim nassen Schmelzen Wasser, überhitzter Dampf oder verdünnte Säuren oder Alkalien zu Hilfe genommen werden.

Zum Trockenschmelzen wird das Fett zunächst zerkleinert, bei Großbetrieben mittels Fettmahlmaschinen, und dann in kupfernen oder eisernen Gefäßen dem Feuer ausgesetzt unter fortwährendem Rühren der Fettmasse. Dann wird das Fett über den aus Zellengewebe bestehenden Grieben abgeschöpft, letztere werden in Pressen gebracht und das noch ausgepreßte Fett zu dem durch Auskochen gewonnenen Rohtalg hinzugefügt. Der Rückstand ist als Viehfutter brauchbar und zur Gewinnung von Blutlaugensalz. Neben dem Vorteil der Einfachheit hat das Trockenschmelzen aber die Nachteile geringer Ausbeute, ungleichmäßigen Materials, da man unmöglich die Wirkung des Feuers gleichmäßig gestalten kann, und starker Geruchentwicklung. Daher beschränkt sich das Trockenschmelzen im wesentlichen auf den Kleinbetrieb, für größere Talgschmelzereien ist entschieden das Naßschmelzen vorzuziehen.

Das Naßschmelzen erfolgt nach Dr. Deite in den meisten deutschen Talgschmelzereien in geschlossenen Apparaten oder in offenen mit Blei

ausgeschlagenen Gefäßen, unter Benutzung von direktem Dampf und Schwefelsäure. Man nimmt danach auf 100 kg Rohtalg 20 kg Wasser und 1 kg Schwefelsäure von 66° Bé und läßt Dampf von 1—2 Atmosphären Überdruck zuströmen.

Ferner empfiehlt Dr. Deite in seinem Handbuch der Seifenfabrikation noch folgendes Verfahren als zweckmäßig: Der Rohtalg wird mit Schwefelsäure von 4—5° Bé übergossen und dann mit Brettern oder Steinen beschwert, damit die Säure stets den Talg voll überdeckt. Nach 4—5 tägigem Stehen wird die Säure abgelassen, der Talg aber mit direktem Dampf geschmolzen. Letzteres geht, da die Zellen durch die Säurebehandlung zum Teil schon zerstört sind, sehr rasch. Die Grieben werden dann nochmals mit Säure behandelt und ausgeschmolzen.

Auch die Verwendung von Laugen statt der Säuren soll gute Resultate ergeben, doch ist dieses von Evrard vorgeschlagene Verfahren bis jetzt hauptsächlich in Frankreich erprobt.

Ein sehr unangenehmer Faktor der Talgschmelzereien ist der abscheuliche Geruch, der die Nachbarschaft äußerst belästigt. Es sind daher zahlreiche Versuche zu dessen Beseitigung gemacht worden, die auch verschiedene gute Vorschläge zeitigten. Am zweckmäßigsten ist die Verbrennung der entstehenden Dämpfe in der Kesselfeuerung.

Vielfach, besonders für feinere Zwecke, wird der so gewonnene Talg raffiniert. Dies erfolgt z. B. durch längeres Schmelzen mit kochendem Wasser und Zusatz von etwas Kochsalz, Alaun oder Soda unter stetem Umrühren der Masse, und darauf wird er filtriert. Auch durch Zusatz von Natronlauge (von 24° Bé) zum geschmolzenen Talg und darauffolgendes Setzenlassen kann man raffinieren, ferner bleicht man auch mit Schwefelsäure und Braunstein, mit Knochenkohle und verschiedenen anderen

Chemikalien, doch ist zu beachten, daß deren Schlußwirkung nicht auf die Entstehung von Chlor hinausläuft, da dieses den Talg brüchig macht.

Das spezifische Gewicht des Rindertalges bei 15° C ist 0,943—0,953, bei 50° C etwa 0,895 und bei 100° C etwa 0,860; für Hammeltag bei 15° C ist es 0,937—0,953 und bei 100° C etwa 0,860. Die Farbe ist bei erstklassiger Qualität weiß bis grauweiß, wird aber, namentlich bei dem aus den Grieben in zweiter Kochung erhaltenen Produkt, auch gelblich. Der Geruch ist bei Hammeltalg hammelartig, beim anderen frisch. Der Geschmack des Hammeltalges ist eigenartig, der Rindertalg ist geschmacklos. Der Schmelzpunkt von Rindertalg liegt zwischen 42° und 45° C, von Hammeltalg zwischen 46° und 47,5° C. Die Verseifungszahl ist 198, die Jodzahl 42—55. Guter Talg für Schmierzwecke ist hart, Hammeltalg härter als Rindstalg und brüchig. Letzterer ist in kaltem Alkohol unlöslich, in siedendem sehr schwer. Talg wird nicht leicht ranzig und hat weniger freie Fettsäure als die meisten Pflanzenöle. Hammeltalg wird schnell sauer. Ziegentalg gleicht mehr dem Rindstalg. Vorsicht ist geboten, da Talg häufig verfälscht wird.

Schweinefett ist ein schmalzartiges Fett, daher auch Schweineschmalz genannt, das aus den Fettablagerungen in der Bauchhöhle, den Nieren usw. des Schweines gewonnen wird. Die Gewinnung erfolgt in ähnlicher Weise wie die des Talges entweder durch trockenes Ausschmelzen über Feuer oder durch nasses Schmelzen mit Wasser oder direktem Dampf. Es ergibt auch durch Abpressen das Schmalzöl (siehe Seite 75).

Das spezifische Gewicht bei 15° C ist 0,930—0,940, bei 100° C etwa 0,861. Die Farbe ist reinweiß, an der Luft rasch gelb werdend. Der

Geruch ist sehr schwach, der Geschmack angenehm. Der Schmelzpunkt ist sehr schwankend, zwischen 26 und 42 ° C, doch ist häufig auch bei letzterer Temperatur das Schmalz noch trübe und wird erst gegen 50 ° C klar. Das geschmolzene Schweineschmalz erstarrt sehr langsam und erhält erst nach längerer Zeit seine ursprüngliche Festigkeit wieder. Die Verseifungszahl ist 195—196,6, die Jodzahl 57—60. Seine Eigenschaft, bei Einwirkung von Luft und Licht leicht ranzig zu werden, gestattet seine Verwendung zur Anfertigung von Schmiermitteln nur in beschränktem Maße, im allgemeinen, wo man butterartige Beschaffenheit erzielen will. Es ist löslich in siedendem Alkohol und Benzin, kalt in Äther, Schwefelkohlenstoff und Chloroform. Es wird häufig verfälscht.

Pferdefett oder Kammfett, weil es hauptsächlich vom Halse (Kamm) des Pferdes, das übrigens fettarm ist, gewonnen wird, ist ein weiches Fett. Die Gewinnung erfolgt meist in den Abdeckereien durch Behandlung der Pferdekadaver in geschlossenen Zylindern mit direktem Dampf. Das Bleichen kann in gleicher Weise wie bei Talg mit starken Laugen erfolgen.

Das spezifische Gewicht ist 0,919, die Farbe ist mehr oder weniger dunkel gelb. Der Geruch ist schlecht, süßlich, der Geschmack schwach. Der Schmelzpunkt liegt etwa bei 47 bis 48 ° C. Verseifungszahl 195—197, Jodzahl 70,4—86,3. Es ist von schmalzartiger Konsistenz und wird leicht ranzig.

Walrat, das Fett, aus dem man das auf Seite 74 beschriebene Walratöl erhält, entstammt einer Höhlung im Schädel des Potfisches (Physeter macrocephalus) und einem vom Kopf bis zum Schwanz verlaufenden Röhrenknochen. Es erstarrt beim

Tode des Tieres zum Teil kristallinisch. Es wird stark ausgepreßt, wobei man das Walratöl erhält, und dann mit Kali- oder Natronlauge ausgekocht und mit Wasser gewaschen.

Das spezifische Gewicht bei 15° C ist 0,940 bis 0,960, die Farbe des blättrig kristallinischen Gefüges ist alabasterartig, durchscheinend weiß mit Perlmutterglanz, geht aber an der Luft ins gelbliche über. Es ist geruch- und geschmacklos, der Schmelzpunkt liegt zwischen 38° und 39° C. Verseifungszahl 108—128. Infolge des hohen Preises hat es in der Schmiermittelindustrie nur beschränkte Verwendung zur Wagenfettfabrikation.

Wollschweißfett (Wollfett) wird aus der Wolle der Schafe durch Extrahieren mit Äther, Schwefelkohlenstoff oder Petroleum gewonnen. Die Verfahren enthalten nach Dr. Deite insofern einen Mangel, als es sehr schwierig ist, aus der extrahierten Wolle das Lösungsmittel zu entfernen, ohne dabei die Wollfaser zu gefährden. Er hält es daher für vorteilhafter, zur Gewinnung des Wollfettes die Wolle zunächst mit Seife, Soda, Ammoniak oder Walkerde zu waschen, wodurch man das Fett im Waschwasser hat. Letzteres wird dann zur Abscheidung des Wollfettes zentrifugiert oder mit Säuren versetzt. Durch Destillieren des rohen Wollfettes erhält man das destillierte Wollschweißfett.

Durch verschiedene Verfahren läßt sich aus dem rohen Wollfett das gereinigte Wollfett herstellen, das unter dem Namen Lanolin bekannt ist, jedoch wegen des hohen Gehaltes an freier Fettsäure nur in Verbindung mit anderen Stoffen zu Schmierzwecken brauchbar ist und zwar besonders für Wagenfette. Die Herstellung von Lanolin erfolgt z. B., indem man das rohe Wollfett mit einem

Fettlösungsmittel, z. B. Benzin, Azeton und dergleichen in der Wärme behandelt und das Lösungsmittel dann vom Fett abdestilliert. Zur Entfernung beigemischter Fettsäuren behandelt man es mit Alkalien und löst die gebildete Seife in Alkohol.

Das spezifische Gewicht ist bei 15° C für rohes Wollschweißfett 0,973, für destilliertes und für Lanolin 0,951, bei 50° für Lanolin 0,915 und bei 100° C 0,893. Die Farbe für rohes und destilliertes Wollschweißfett ist gelblich bis bräunlich, für Lanolin weiß bis gelblich. Der Geruch von rohem Fett unangenehm, die anderen Arten sind geruchlos. Der Schmelzpunkt für rohes Fett 39°— 42,5° C, für destilliertes Fett 42°, für Lanolin 43°. Verseifungszahl für destilliertes Fett 169 bis 170, für Lanolin 77,2, Jodzahl für destilliertes Fett 36, für Lanolin 15,2. Wollschweißfett ist sehr aufnahmefähig für Wasser, Lanolin nimmt z. B. bis zu 110 % auf. Destilliertes Wollschweißfett dient als Verfälschungsmittel.

Knochenfett ist ein aus den Knochen aller Tiere gewinnbares mit Knochenöl identisches Fett, dessen Herstellung unter Knochenöl, Seite 69, näher beschrieben ist. Es wird meist als Nebenprodukt bei der Verarbeitung der Knochen auf Knochenkohle oder Knochenmehl erhalten und ist, je nachdem es aus frischen oder alten, schon teilweise in Fäulnis übergegangenen Knochen stammt, sehr verschieden. Hierauf ist sehr zu achten, da man aus den Knochenmehlfabriken häufig letzteres erhält.

Das spezifische Gewicht ist 0,914—0,916, die Farbe des Fettes aus frischen Knochen weiß bis gelblich, aus alten Knochen mehr oder weniger dunkel. Letzteres hat auch einen unangenehmen Geruch, der bei ersterem schwach ist. Der Schmelzpunkt ist sehr verschieden und liegt zwischen 20 und 28° C. Verseifungszahl 194 bis

195, Jodzahl 46,3—55,3. Seine Billigkeit macht es zur Fabrikation von Wagenfetten geeignet, zumal es nicht ranzig wird.

3. Mineralfett.

Vaseline hat das Eingangs dieses Buches beschriebene Erdöl zum Ursprung. Es wird aus den stärker konzentrierten Rückständen der Rohöldestillation, die eine salbenartige Konsistenz besitzen, gewonnen. Die Rückstände werden mit Benzin behandelt und durch Schwefelsäure raffiniert. Aus den hellen pennsylvanischen Rohölen wird es ebenfalls dargestellt, indem man sie langsam erhitzt und erhitzte Luft einbläst, bis das gewünschte spezifische Gewicht erreicht ist. Dann wird das Destillat durch Filtration über Tierkohle entfärbt Die so erhaltenen Produkte bezeichnet man als natürliches Vaselin im Gegensatz zu dem künstlichen Vaselin, das durch zusammenschmelzen und entsprechende Verarbeitung von Ceresin und flüssigem Paraffin im Verhältnis 1 : 4 dargestellt wird. Beides sind Destillationsprodukte des in den Petroleumgegenden im Boden vorkommenden Minerals Ozokerit oder Erdwachs.

Das Vaseline ergibt je nach Art von Darstellung und Rohprodukten verschiedene Daten, das spezifische Gewicht schwankt zwischen 0,855 und 0,880, die Farbe zwischen weiß und matt gelblich, der Schmelzpunkt zwischen 33 und 45 ° C. Geruch und Geschmack sind sehr schwach nach Petroleum. Als vorteilhafte Eigenschaft für Schmierzwecke ist die vollständige Freiheit von Säuren zu nennen.

b) Mineralien.

Graphit ist unter diesen das wichtigste Schmiermittel, dessen Verwendung stetig zunimmt. Graphit wurde zwar schon 1779 von dem bekannten

Chemiker K. W. Scheele nachgewiesen, jedoch erst anfangs des 19. Jahrhunderts als besondere Form des Kohlenstoffes erkannt, als man das Vorkommen des Elementes Kohlenstoff in drei allotropischen Formen, als Graphit, Diamant und amorphe Kohle mit Bestimmtheit feststellte. Man unterscheidet heute natürlichen Graphit und künstlichen Graphit. — In der Natur kommt der Graphit in zwei Modifikationen vor, nämlich als kristallinischer und als amorpher Graphit, wovon ersterer der feinere ist und daher für Schmiermittel in Betracht kommt, während der amorphe Graphit für Gießereizwecke, als Ofenglang und dergleichen Verwendung findet. In den älteren Formationen der Natur, als Bestandteil der kambrischen Phyllite, der Gneise, Granite und Glimmerschiefer ist Graphit sehr verbreitet, während er in größeren den Abbau rentierenden Massen verhältnismäßig wenig anzutreffen ist. Als solche sind zu nennen die Graphitlagerstätten im Gneis des Passauer Waldes, am Fichtelgebirge, am Glatzer Schneeberg sowie im Riesengebirge, alles Graphitnester, die in schichtigem Gestein eingeschlossen sind. In Lagergängen ist er anzutreffen in Borrowdale in Cumberland (England), das die älteste Graphitfundstätte ist, heute aber abgebaut ist, so daß der Anteil Englands an der Graphitindustrie an letzter Stelle steht. Ferner in Sibirien, wo 400 km westlich von Irkutsk gute Lagergänge sind, ferner in Ceylon in stengelig-blätterigen Massen. In Amerika liefert Triconderoga im Staate Neuyork ein sehr gutes Produkt, Graphiteville in Nordcarolina (U. S. A.), ferner sind dort Kanada, und Kalifornien als Hauptfundorte zu nennen. Auch in Grönland und Neuseeland ist Graphit anzutreffen. Den reinsten Graphit liefert Ceylon mit etwa 99 % Kohlenstoffgehalt, von schönem kristallinischem Gefüge, während der gleichfalls sich durch seine

Reinheit auszeichnende Graphit von Borrowdale amorph ist.

Die Hauptverunreinigungen des Graphit sind Eisen und Ton. Deshalb muß er vor seiner Verwendung gereinigt werden. Die Reinigung erfolgt auf nassem Wege, indem das Rohmaterial in Stampfwerken zerkleinert, in Erzwäschen geschlemmt und getrocknet wird. Sodann werden die chemischen Beimengungen entfernt durch Erhitzen mit chemischen Zusätzen, mit Schwefelsäure und Salpetersäure und chlorsaurem Kali, worauf der Graphit gut ausgewaschen und getrocknet sowie mit Quarzsteinen kleingemahlen wird. Genaueres über Vorkommen und Gewinnung findet sich in dem vom Verfasser dieses Werkes im gleichen Verlag erschienenen Buche „Graphit, sein Vorkommen, Gewinnung und Verwendung“. Die trockene Gewinnungsmethode bietet mancherlei Schwierigkeiten und hat erst in neuerer Zeit durch die Fortschritte der Preßluft Verbesserungen erfahren, die ihr vielleicht weitere Aussichten eröffnen.

Wie bemerkt, wird der Graphit auch künstlich dargestellt und zwar sind hierzu eine Anzahl chemischer Methoden bekannt, die aber größtenteils nur Laboratoriumsinteresse haben, da praktisch zur rationellen Fabrikation von Graphit in großem Maßstab lediglich die Erzeugung im elektrischen Ofen ausgeführt wird. Diese Methode, zu deren Ausführung sich verschiedene Verfahren herausgebildet haben, besteht in wesentlichen darin, Kohle bzw. ein kohlenstoffhaltiges Material eine gewisse Zeit der Hitze des elektrischen Lichtbogens oder glühender Elektroden auszusetzen, wodurch die chemische Umwandlung in Graphit vor sich geht. Die ersten praktischen Anfänge der künstlichen Graphiterzeugung datieren aus dem Jahre 1893, woselbst E. G. Acheson in den Vereinigten Staaten von

Amerika das U. S. Pat. Nr. 429767 zur Fabrikation von Graphit durch Zersetzen der damals auch noch nicht lange bekannten Silizium-Kohlenstoffverbindung, des in der Schleifsteinindustrie verwendeten Karborunds, erhielt, während kurz danach Dr. Otto Mühlhäuser in Deutschland unabhängig auf eine gleiche Methode kam. Auch beschrieben Girard und Street vor der Société Internationale des Electriciens in Frankreich in demselben Jahre einen elektrischen Ofen zur Erzeugung von Graphit aus Kohle. Diese ließen eine Reihe elektrischer Lichtbogen über die Kohlenfläche streichen, wodurch etwa 85% der Kohle in Graphit übergeführt wurden. — Zunächst benutzte Acheson den künstlichen Graphit zur Herstellung von Elektroden. Zur Fabrikation von Graphit für andere Zwecke, insbesondere solchen für Schmierzwecke sehr geeigneten, fand Acheson, der inzwischen die International Acheson Graphit-Company gegründet hatte, nach ausgedehnten Versuchen Anthrazit am zweckmäßigsten. Der elektrische Ofen wird mit Anthrazit gefüllt, durch dessen Mitte ein Kern von Kohlenstäben, wie sie z. B. bei Bogenlampen verwendet werden, geführt und der mit der Stromleitung verbunden ist. Der somit als Stromleiter dienende Kern erhitzt beim Anlassen die umgebende Anthrazitmasse, so daß das ganze Innere in hohe Glut kommt und dabei der Anthrazit zum größten Teil in Graphit übergeführt wird. Der so erzeugte Graphit hat einen äußerst geringen Aschengehalt, z. B. wurde bei einem Versuch mit Anthrazit von 5,783% Aschengehalt ein Graphit von 0,033% Aschengehalt erzeugt. Der Acheson-Graphit zeichnet sich durch seine überaus große Reinheit aus, der Kohlenstoffgehalt erreicht bis zu 98%, er ist daher vorzüglich als Schmiermittel.

Der künstliche Graphit kommt demnächst in einer neuen für die Schmiermittel-Industrie be-

sonders geeigneten Form auf den Markt. Bekanntlich liegt die Schwierigkeit, den Graphit mit Öl vermengt zum Schmieren zu benutzen, seither darin, daß sich der Graphit nicht in dem Öl fein verteilt erhält, sondern rasch zu Boden sinkt. Dies wird vermieden durch ein Verfahren von E. G. Acheson, der auch in Deutschland vertretenen Acheson Graphite Company, wonach man den Graphit in einer wässerigen Lösung von Tannin löst. Dadurch wird der Graphit in der Lösung derart fein verteilt, daß er durch das feinste Filter mit dem Wasser hindurch geht. Fügt man aber vor dem Filter eine geringe Menge Salzsäure zu, so filtriert reines Wasser durch. Auf dem Filter bleibt Graphit zurück, der sich aber vom gewöhnlichen Graphit dadurch unterscheidet, daß er äußerst fein ist und sich bequem in Wasser und Öl lösen und zu Schmierzwecken verwenden läßt. Über die Wirkung eines derart hergestellten Schmiermittels, das vom Erfinder als „deflocculated graphite" bezeichnet wird, hat Professor C. H. Benjamin Versuche angestellt, die gute Resultate ergaben und vom Erfinder in einem Vortrage vor dem Franklin-Institute ausführlich beschrieben wurden.

Für natürlichen Graphit ist das spezifische Gewicht 2,1—2,3, für künstlichen Acheson-Graphit 2,19. Die Farbe beider ist eisenschwarz bis stahlschwarz, metallglänzend und stark abfärbend. Graphit ist in allen Lösungsmitteln unlöslich, also vollkommen indifferent, schwer verbrennbar.

Talk (Talcum venetum) ist ein Mineral, das im wesentlichen aus Kieselsäure, Magnesia und Wasser besteht. Er findet sich in verschiedener Struktur, gewöhnlich derb, in schuppigen oder körnigblättrigen Aggregaten, auch in keilförmigen, stengeligen oder schaligen Massen. Seine schiefrige

Art ist unter der Bezeichnung Talkschiefer bekannt. Fundorte sind besonders in der Schweiz, Steiermark und Tirol.

Das spezifische Gewicht ist 2,69—2,8. Die Farbe ist sehr verschieden, grünlich-weiß bis graugrün oder gelblichweiß bis gelblichgrau, auch farblose Varietäten findet man. In ganz dünnen Schichten ist Talk durchsichtig, im auffallenden Licht zeigt er schwachen Perlmutterglanz. Er fühlt sich fettig an und ist weich, wodurch auch seine Eigenschaft als Schmiermittel bedingt ist.

Speckstein, auch Steatit oder Schmeerstein genannt, gehört mineralogisch ebenfalls der Gruppe des Talks an, von dem er eine kryptokristallinische Varietät bildet, ist also gleichfalls ein Magnesiumsilikat. Er bildet Lager zwischen Glimmerschiefer und Granit, in Erz- und anderen Gängen derb eingesprengt in nierenförmigen, knollen- oder kugelförmigen Massen, ist im Bruch uneben und splitterig. Fundorte sind hauptsächlich Wunsiedel und Thiersheim in Bayern, Herrengrund und Nyntsch in Ungarn, Briançon in Frankreich (daher Briançonkreide), sowie vorzügliche Lager im Glimmerschiefer bei Milburg und Lowell im Staate Massachusetts in den Vereinigten Staaten von Amerika.

Das spezifische Gewicht ist 2,6—2,8; die Farbe verschieden, er bildet weiße, grau-, gelblich- oder rötlichweiße oder grünliche amorphe Massen von mattem Aussehen, die an den Kanten durchscheinend sind. Er fühlt sich fettig an, ist weich, wird aber durch Hitze glashart, wobei er weiß wird.

III. Verwendung der Schmiermittel.

Wie bereits aus dem I. Kapitel über Zweck der Schmierung hervorgeht, ist wohl einerseits die Verwendung der Schmiermittel eine sehr mannigfaltige, anderseits aber dienen den verschiedenen Zwecken verschiedene Fabrikate, da eine rationelle Schmierung nur dann erzielt werden kann, wenn man das Schmiermaterial den jeweiligen Verhältnissen anpaßt. In richtiger Erkenntnis der Wichtigkeit, für jeden Zweck ein besonders dazu geeignetes Schmiermittel zu verwenden, hat nun unsere Schmiermittelindustrie eine ganz bedeutende Zahl von Schmiermaterialien mit den verschiedensten Eigenschaften herangezogen, von denen die direkt aus den Rohstoffen gewonnenen und als nicht zusammengesetzte Schmiermittel verwendbaren Fabrikate gemäß Ursprung, Herstellung und Eigenschaften im vorhergehenden Kapitel besprochen sind. Diese Fabrikate finden nun teils unmittelbar Verwendung zur Schmierung, teils werden aus ihnen durch Mischung noch weitere Schmiermittelsorten hergestellt. Wenn wir nun deren Verwendung nachstehend erläutern wollen, so gehen wir dabei von dem Standpunkt aus, daß für den Praktiker, d. h. den in der Industrie stehenden Besitzer oder Betriebsleiter, der sich über die für seinen speziellen Betrieb in Frage kommenden Schmiermittel unterrichten will, in erster Linie lediglich die für eine bestimmte Gattung von Maschinen oder dgl. dienenden Schmiermittel von Interesse sind. Demgemäß wollen wir nunmehr die Verwendung der Schmiermittel besprechen unter Voranstellung der einzelnen Arten der zu schmierenden Maschinen oder Konstruktionsteile.

1. Wärme und Verbrennungskraftmaschinen.

Unter diese Kategorie fallen die Dampfmaschinen für gesättigten und überhitzten Dampf, die Gas-, Petroleum-, Spiritus-, Benzin- und sonstige Maschinen, feststehende und fahrbare Lokombilen sowie Lokomotiven. Gemäß den in dieser Kategorie bei den einzelnen Maschinen vertretenen Maschinenelementen kommen verschiedene Schmierungen in Betracht und zwar zunächst

a) Zylinderschmierung.

Der Zylinderschmierung dienen vor allem die sogenannte Zylinderöle, während Fette und Talg gänzlich auszuschließen sind, da sie die Zylinderwandungen angreifen.

Als Zylinderöle verwendet man für vorliegende Betriebe entweder reine Mineralöle oder solche mit einem kleinen Zusatz von fetten Ölen, die dann als sogenannte Kompound-Zylinderöle in Handel sind. Die Zylinderschmierung stellt die höchsten Anforderungen an die chemische und physikalische Beschaffenheit der Öle und die Auswahl der letzteren muß daher für jeden einzelnen Fall mit besonderer Sorgfalt erfolgen. Um sich nun darüber Klarheit zu verschaffen, muß man sich zunächst den Vorgang der Schmierung im Zylinder vergegenwärtigen. Dabei haben wir allerdings sowohl bei den Wärme- als auch bei den Verbrennungskraftmaschinen (Explosionsmaschinen) mit den hohen Temperaturen in den Zylindern zu rechnen. Allein die Verschiedenheit dieser hohen Temperaturen ist derart groß, daß die Verhältnisse für die zu verwendenden Öle vollständig verschieden voneinander sind und es daher ausgeschlossen ist, ein Zylinderöl für Dampfzylinder auch für Zylinder von Verbrennungs-

Verbrennung nicht genügende Sauerstoffmengen zur Verfügung stehen, so daß man unvollkommene Verbrennung und somit ebenfalls viele Verbrennungsrückstände erhält. Für Zylinderschmierung von Verbrennungskraftmaschinen eignen sich daher am besten halbschwere Öle und zwar haben sich in der Praxis solche mit einem Flammpunkt von 180—200° C am besten bewährt, da hierbei das Ölgas noch ziemlich restlos verbrennt.

Aus Vorstehendem ist nun ohne weiteres klar, daß der Verbrauch von Zylinderöl bei Verbrennungskraftmaschinen stets größer ist als bei entsprechenden Dampfmaschinen, zumal bei letzteren schon durch den an den Zylinderwandungen kondensierten Dampf die Schmierwirkung sehr unterstützt wird.

Nachdem man nun auf Grund der vorstehenden Angaben für die Zylinderschmierung von Dampf- bzw. Verbrennungskraftmaschinen die obigen Gesichtspunkten Rechnung tragenden Ölsorten ausgesucht hat, folgt unter diesen eine engere Auswahl nach Maßgabe des schwereren oder leichteren Betriebes. Hierfür maßgebend ist die auf Seite 8–10 besprochene Viskosität der Schmiermittel. Sowohl in Dampf- als auch in Verbrennungskraftmaschinen haben wir in den Zylindern hohe Drucke und daher muß das Öl im allgemeinen für Zylinderöle große Viskosität haben, damit es nicht zwischen Kolbenfläche und Zylinderwand herausgepreßt wird, da ja die eigentliche Schmierwirkung darauf beruht, daß sich um beide Teile eine Ölhaut bildet. Es ist also bei der engeren Auswahl die Größe der Maschine bzw. des darin auftretenden Druckes zu berücksichtigen. Da nun im allgemeinen die Herstellung der schwereren Öle eine größere Viskosität und höheren Flammpunkt erreichen läßt, ist für Dampfzylinderöle die

Auswahl am einfachsten, denn unsere modernen Dampfmaschinen arbeiten meist mit hohen Drucken und vielfach mit Dampfüberhitzung. Haben wir also einen Betrieb mit Überhitzung und hohem Dampfdruck des Eintrittsdampfes, so sind vor allem die Ölsorten mit entsprechend hohem Flammpunkt herauszusuchen. Die Viskosität der Zylinderöle für Dampfanlagen mit Überhitzung zu berücksichtigen, hat keinen besonderen Wert, da bei der dabei in den Zylindern, Schieberkasten und dgl. herrschenden Temperatur die Viskosität aller Mineralöle nahe bei oder gleich dem Wert 1 ist. Für Dampfmaschinen mit Sattdampf und hohen Drucken genügen natürlich Zylinderöle mit geringerem Flammpunkt. Bei Sattdampf hat man an den zu schmierenden Flächen wesentlich geringere Temperaturen, hat man doch z. B. bei diesen Maschinen schon mit Kondensation des Dampfes an den Zylinderwandungen zu rechnen. Es kommt also für Sattdampfmaschinen nach dem Flammpunkt die Berücksichtigung der Viskosität in Betracht gemäß den Ausführungen auf Seite 96. Diese Gesichtspunkte gelten für Dampfmaschinen mit normalen Umdrehungszahlen, Maschinen mit besonders hohen Umlaufszahlen, sogenannte Schnelläufer, erfordern entsprechend leichtflüssigere Öle, natürlich den der Dampftemperatur entsprechenden Flammpunkt vorausgesetzt.

Für Verbrennungskraftmaschinen hat man wie bereits bemerkt, die Öle nicht zunächst dem Flammpunkt gemäß auszuwählen, sondern man sucht sich zunächst diejenigen Ölsorten aus, welche die geringsten Verbrennungsrückstände geben, also halbschwere Öle. Im allgemeinen haben solche einen Flammpunkt zwischen 180° und 220° C und unter diesen trifft man die engere Auswahl nach der Art des Betriebes durch Ausprobieren gemäß Kapitel IV Abschnitt c 2. Die Viskosität kommt bei Zylinderölen für Verbrennungs-

kraftmaschinen für den Verbraucher solcher Öle überhaupt nicht in Betracht, da bei den in den Ausführungen auf Seite 95 gegebenen hohen Temperaturen alle Öle hinsichtlich der Viskosität gleich sind.

Das spezifische Gewicht ist für die Auswahl der Zylinderöle kaum maßgebend, es liegt bei den gebräuchlichen Fabrikaten zwischen 0,885 und 0,935. Es können z. B. Öle mit dem gleichen spezifischen Gewicht ganz verschiedene Zähflüssigkeiten besitzen, da die Viskosität nicht dem spezifischen Gewicht, sondern der inneren Reibung proportional ist.

Im allgemeinen eignen sich die Schmieröle amerikanischer Herkunft besser zu Zylinderölen als diejenigen russischen Ursprungs, ganz besonders zeichnen sich die amerikanischen Schweröle durch leichte Verbrennbarkeit aus und sind daher für Verbrennungskraftmaschinen zur Zylinderschmierung in erster Linie in Betracht zu ziehen. Sie bestehen aus einem Gemisch von gesättigten Kohlenwasserstoffen, während die russischen aus Naphtenen, d. h. ungesättigten Kohlenwasserstoffen bestehen

Die Farbe eines Zylinderöles ist nur insofern zur oberflächlichen Beurteilung maßgebend, als im allgemeinen mit der Zunahme des Entflammungspunktes und der Viskosität die Farbe des Öles dunkler wird. Die hellen Öle, durch Knochenkohle filtriert und im Preise höher stehend als die nicht filtrierten, eignen sich daher im allgemeinen mehr für Zylinder, in denen der Entflammungspunkt nicht hoch zu liegen braucht bzw. worin er keine Rolle spielt. Es gelangen also für die Zylinderschmierung von Gas- und sonstigen Verbrennungskraftmaschinen mit Vorzug helle Zylinderöle zur Verwendung.

Gemäß den Ausführungen auf Seite 9 ist die Schmierfähigkeit nicht allein durch die Viskosität bedingt, sondern diese gibt nur einen teilweisen Anhaltspunkt. Es kann z. B. wohl ein Öl, das für

den gewünschten Zweck die geeignete Viskosität zeigt, in seiner Schmierfähigkeit weit hinter einer zweiten Sorte mit der gleichen Viskosität zurückstehen. Während wir nun imstande sind, durch die an späterer Stelle beschriebenen Untersuchungsmethoden die Viskosität jeder Ölsorte ohne weiteres zahlenmäßig festzulegen (d. h. insbesondere ohne die damit zu schmierende Maschine mit zur Untersuchung heranzuziehen), können wir die Schmierfähigkeit nicht so einfach prüfen und vor allem nicht zahlenmäßig ausdrücken. Die Ermittelung der Schmierfähigkeit eines Öles für einen bestimmten Zweck, bzw. der Vergleich mehrerer Sorten diesbezüglich, ist nur an Hand von praktischen Dauerversuchen mit den betreffenden Sorten unmittelbar an den in Frage kommenden Maschinen möglich, wie sie z. B. in Kapitel IV Abt. c 2 ausführlich beschrieben sind.

Den Mineralölen gegenüber haben nun die Pflanzenöle größere Schmierfähigkeit, jedoch den großen Nachteil des Gehaltes freier Säure, die die geschmierten Teile angreift und namentlich in der höheren Temperatur schädlich wirkt. Man hilft sich nun derart, daß man die Mineralöle mit ganz geringen Mengen von Pflanzenölen, die so bemessen werden, daß der minimale Säuregehalt noch keine schädlichen Einwirkungen haben kann, mischt. Die so erzeugten Öle werden im Handel als Compound-Zylinderöle bezeichnet und sind besonders vorteilhaft für Dampfzylinderschmierung bei Maschinen, die mit Sattdampf arbeiten. Zur Erhöhung der Schmierfähigkeit verwendet man nun als Zusatz zu den Mineralölen die auf Seite 55 beschriebenen geblasenen Öle, insbesondere oxydiertes Rüböl. Hauptsächlich werden so die später behandelten Marineöle gemischt.

Für Heißdampfmaschinen sind dagegen zur Zylinderschmierung ausschließlich reine

Mineralöle zu verwenden; jedes Gemisch mit Pflanzen- oder Tierölen ist hier zu verwerfen. Denn Pflanzenöle zersetzen sich bei höherer Temperatur und verlieren ihre Schmierfähigkeit. Als Heißdampfzylinderöle wähle man nur solche amerikanischer Provenienz, denn der Entflammungspunkt der russischen Öle erreicht bei normalem Destillationsvorgang des Rohöls keinesfalls die für Heißdampf in modernen Betrieben erforderliche Höhe. Gerade in letzterem Punkt ist bei Auswahl von Heißdampfzylinderölen besondere Vorsicht geboten, denn es kommt vor, daß man, um bei nicht erstklassigem Rohmaterial doch die gewünschten hohen Flammpunkte zu erzielen, die Abtreibung höher treibt, d. h. die Destillation so vornimmt, daß dabei gewisse erforderliche Eigenschaften vernichtet werden. Die so erzeugten Zylinderöle sind verbrannt, werden hart und können, obgleich sie sich im Zylinder nicht zersetzen, sich nicht gleichmäßig im Dampf verteilen. Gerade auf letzterer Fähigkeit beruht aber auch ein großer Teil der Schmierwirkung, denn es ist uns doch technich unmöglich, das Zylinderöl direkt an die Stellen im Dampfzylinder, d. h. auf die Kolbenringe und an die Zylinderwandung zu befördern, an denen es wirken soll und wir müssen dazu unbedingt den Dampf zu Hilfe nehmen, der jene Teile berührt und, indem er das Öl fein verteilt in sich aufnimmt, an ihnen absetzt.

Auch für Verbrennungskraftmaschinen sollten vorwiegend reine Mineralöle Verwendung finden.

Ein für die Zylinderschmierung von Dampf- und Verbrennungskraftmaschinen zweckmäßiges und namentlich in neuerer Zeit in Aufnahme gekommenes Schmiermittel ist Graphit und zwar als Zusatz zum Zylinderöl. Die Schmierwirkungsweise ist bereits auf Seite 12 erläutert. Allerdings sind dabei,

wenn die Wirkung eine günstige sein soll und der Zusatz von Graphit nicht gerade das Gegenteil der gewünschten Verbesserung bewirken soll, folgende Punkte genau zu beachten: 1. Der Graphit muß möglichst unmittelbar auf die zu schmierenden Teile gelangen können; am besten ist dies natürlich im Schieberkasten zu erreichen. Diese Forderung bedingt also besondere Vorsicht bei der Auswahl der Graphit-Schmierapparate. 2. Da gewöhnlicher Graphit infolge seines schwereren spezifischen Gewichtes leicht im Öl herabsinkt und sich in den Ölzuleitungen zu Boden setzt, so daß ein Teil gar nicht an die Schmierstelle gelangen würde, ist zu vermeiden, ein Gemisch von Öl und Graphit in längeren, besonders in horizontalen Leitungen zuzuführen. Entweder sucht man bei Anwendung von mit Graphit gemischtem Öl die Zufuhr so einzurichten, daß das Gemisch auf seinen Weg vom Schmierapparat zur Schmierstelle nur senkrechte Zuführungskanäle zu durchlaufen hat oder man wählt Schmierapparate, die den Graphit und das Öl je getrennt zur Schmierstelle führen. 3. Das Mischungsverhältnis zwischen Öl und Graphit muß einen ganz bestimmten, durch Versuche zu ermittelnden Betrag ergeben, zuviel Graphit bringt keinen Vorteil und zu wenig Graphit läßt nicht die gewünschte Wirkung, d. i. Erhöhung der Schmierfähigkeit und Ersparnis an Öl, erreichen. 4. Der Graphit muß unter allen Umständen vollkommen rein sein. Gerade auf diesen Punkt lassen sich fast durchweg etwaige Mißerfolge in der Graphitschmierung zurückführen, denn unreiner Graphit ergibt die gleiche Wirkung wie Schmirgel, woraus zur Genüge seine Schädlichkeit erläutert ist. Am besten läßt sich zur Graphit-Ölschmierung von Zylindern, Schieberkasten und sonstiger in Dampf gehender Teile der bekannte Flockengraphit von Dixon der Firma Persicaner & Co.

in Berlin W. oder der künstliche Graphit der Acheson Graphite Co. (Vertr: W. Schumacher in Berlin-Friedenau) verwenden, letzterer in Form des auf Seite 90 beschriebenen „deflocculated graphite". Ausführliche Angaben über Graphit finden sich übrigens in dem ebenfalls in der „Bibliothek der gesamten Technik" erscheinenden Buch von Rupprecht: „Graphit, Entstehung, Vorkommen, Gewinnung und Verwendung."

Bei Einhaltung der in obigen vier Punkten gestellten Forderungen wird die Verwendung von Graphit in Verbindung mit Zylinderöl Vorteile sowohl hinsichtlich Erhöhung des Schmierwertes als auch hinsichtlich der Ersparnis an Zylinderöl bedeuten. Bei Kondensationsdampfmaschinen, deren Kondenswasser zur Kesselspeisung benutzt wird, dürfte die Verwendung von Graphit noch den weiteren Vorteil eines weniger mitgerissenes Öl enthaltenden Kondenswassers bedingen, in dem der auf der Oberfläche schwimmende. aus dem Zylinder und dgl. mitgeführte Graphit leicht abgefangen werden kann.

Die Verwendung von Graphit allein zur Zylinderschmierung ist durch technische Schwierigkeiten unzulässig, bedingt durch die bis jetzt noch ungelöste Forderung, in dieser Art den Graphit unmittelbar auf die Schmierstellen bringen zu können.

Als Norm für die hauptsächlichsten zur Auswahl in Frage kommenden Sorten von Zylinderölen für Dampfzylinder bzw. Zylinder von Verbrennungskraftmaschinen können die in der Tabelle auf Seite 103 enthaltenen Durchschnittsdaten dienen.

Den zweiten wichtigen Teil der Schmierung von bei den Wärme- und Verbrennungskraftmaschinen in Betracht kommenden Maschinenelementen bildet

b) Lagerschmierung.

Hierzu dienen in erster Linie die unter der Bezeichnung Maschinenöle in Handel gehenden Ölsorten, die im Hinblick auf die bei den Lagern vorkommenden äußerst verschiedenen Druck- und Geschwindigkeitsverhältnisse eine überaus große Mannigfaltigkeit aufweisen.

Normale Durchschnittsdaten zu Zylinder-Ölen für:	Spezif. Gewicht	Viskosität	Flamm-punkt	Brenn-punkt
Stat. Kolbendampfmaschine bis 260° Dampftemperatur i. Zyl.	0,901	3,8 bei 100°	270°	335°
Stat. Kolbendampfmaschine über 260° Dampftemperatur i. Zyl.	0,905	6,0 „ 100°	300°	380°
Dampfturbinen	0,875	10—20 „ 100°	185°	240°
Lokomotiven für Sattdampf .	0,905	3,9 „ 100°	270°	345°
Lokomotiven für Heißdampf .	0,905	6,0 bei 100°	300°	380°
Verbrennungskraftmaschinen	0,905 0,905 0,905	1,6—1,8 „ 100° 4,5—7,5 „ 50° 20—48 „ 10°	200°	260°

Die Zahlen bieten natürlich nur annähernde Anhaltspunkte, insbesondere lassen die für die Beurteilung wenig maßgebenden spezifischen Gewichte Schwankungen in weiten Grenzen zu.

Die von den zahlreichen Ölproduzenten in den den Handel gebrachten Fabrikate zeigen eine große Mannigfaltigkeit; eine Zusammenstellung von Analysen von vielen derartigen auf den Markt befindlichen Ölen nebst Nennung der Fabrikanten bzw. Lieferanten ist im Anhang dieses Buches gegeben.

Für die Auswahl eines geeigneten Maschinenöls kommt vor allem die Viskosität in Betracht; der Flammpunkt dagegen ist nur dort zu berücksichtigen, wo die Lager der zu schmierenden Wellen oder dgl. derart nahe an den Zylindern liegen, daß letztere den Lagern eine beträchtliche Erwärmung durch Strahlung oder Leitung zu er-

teilen vermögen. Andererseits ist der Erstarrungspunkt zu berücksichtigen, falls die betreffenden Teile in Räumen liegen, die ungeheizt und irgendwie großer Kälte, z. B. im Winter, zugängig sind. Letzteres dürfte allerdings bei Dampf- und Verbrennungskraftmaschinen für die unmittelbar zu den Maschinen gehörenden Konstruktionsteilen auf Ausnahmebetriebe beschränkt sein.

Während bei der Zylinderschmierung Pflanzen- und Tieröle ausgeschlossen bzw. erstere nur als Zusatz in ganz gewissen Mengen und Fällen zulässig sind, werden bei der Lagerschmierung Pflanzenöle häufiger erfolgreich benutzt, doch ist in Tier- und Pflanzenölen der Gehalt an freier Schwefel- oder Fettsäure nur in geringem Maße zulässig, es soll der Betrag an freier Fettsäure, bezogen auf Ölsäure, 2,1% nicht überschreiten. Ebenso gilt diese Grenze für die Mineralöle, in denen aber im allgemeinen die organische Säure nur in dunkeln Ölen und da meist in Form von Petrolsäure in kleinen Mengen vorkommt

Ferner ist bei der Auswahl von Ölen zur Lagerschmierung die Art der Metalle, aus denen der zu schmierende Teil besteht, zu berücksichtigen, da die verschiedenen Öle die Metalle verschieden stark angreifen. Nach den Untersuchungen von Redwood (Journal of the Chemical Industry) kann man dafür folgendes berücksichtigen:

Mineralöle greifen die Metalle am wenigsten an.

Talg greift die Metalle am meisten an.

Mineralöl wirkt bei gewöhnlicher Temperatur auf Zink und Kupfer gar nicht ein, auf Messing sehr wenig und auf Blei am meisten.

Rüböl greift Messing garnicht an, Kupfer dagegen stark.

Olivenöl greift ebenfalls Kupfer und Bronze an, dagegen Zinn fast gar nicht.

Rizinusöl wirkt schwach auf Kupfer und Eisen.

Die Farbe gibt nur geringe Anhaltspunkte hinsichtlich der Brauchbarkeit zur Lagerschmierung; im allgemeinen sind helle Mineralöle schmierfähiger als gleich zähflüssige von wesentlich dunklerer Färbung; auch die helleren gereinigten Pflanzenöle sind deshalb vorzuziehen, weil sie meist weniger harzen.

Das spezifische Gewicht soll im allgemeinen für ein gutes Schmieröl nicht viel unter 0,895 liegen, nur in besonderen Fällen kann man auf 0,875 heruntergehen.

Die ausgedehnteste Verwendung zur Lagerölschmierung finden die Mineralöle, einerseits, weil sie, wie oben erwähnt, die Metalle am geringsten angreifen, andererseits, weil sie sich im Preise billiger stellen als die Pflanzenöle. Letztere sind sogar in Ländern, in denen sie hauptsächlich erzeugt werden, teurer wie z. B. das Oliven- oder Baumöl, das durchschnittlich 20 % mehr kostet als die gewöhnlichen für die Außenschmierung benutzten Mineralöle in Italien. Auch ist unter gleichen Verhältnissen im allgemeinen der Verbrauch an Pflanzenöl größer als an Mineralöl, was hauptsächlich durch die geringere Viskosität des ersteren verursacht wird.

Häufig werden die Mineralöle in gewissem Verhältnis mit Pflanzenöl, am besten mit Olivenöl oder Rüböl gemischt (siehe Seite 55 und 99); da dieselben sich jedoch im Ruhezustand leicht trennen, ist es erforderlich, die Mischung auf besonders sorgfältige Weise herzustellen. Das Gemisch soll daher auch nicht mehr als 10, höchstens 15 % Pflanzenöl enthalten; die Säure des daraus resultierenden Öles hat im allgemeinen keinen schädlichen Einfluß mehr auf die Metalle. Die Gemische haben durchschnittlich gute Adhäsionskraft und, wie bereits bei den Zylinderölen bemerkt, erhöhte Viskosität, die

wenig mit wachsender Temperatur abnimmt. Sie sind verseift und hauptsächlich für Maschinenteile mit hoher Geschwindigkeit und für Organe mit hohem spezifischem Druck geeignet. Während man zur Zylinderschmierung unbedingt Mineralöle amerikanischer Herkunft verwendet, sind für Maschinenöle häufig Öle russischen Ursprungs vorzuziehen.

Von reinen Pflanzenölen kommt zur Lagerschmierung als schmierfähigstes das Oliven- oder Baumöl (siehe Seite 57) in Betracht, bei dem aber sehr große Vorsicht beim Einkauf erforderlich ist, da es wegen seines hohen Preises viel verfälscht wird. Die hauptsächlichsten Verfälschungsmittel sind Erdnußöl (Seite 68), Sesamöl (Seite 58), Rüböl (Seite 52) und Schmalzöl (Seite 75).

Ferner wird in vorliegenden Fällen Rüböl teilweise als Schmiermittel benutzt, doch kommt dann nur gut gereinigtes in Betracht, da rohes Rüböl etwa 1½ % eiweißartige Schleim- und Faserstoffe enthält. — Auch mit fettem Senföl soll man für Lagerschmierung, namentlich bei heißgelaufenen Lagern, gute Erfolge erzielt haben. Es hat sehr große Schmierfähigkeit und soll nach Berichten von Rohrbach, der im Mittelthüringer Bezirksverein Deutscher Ingenieure das betreffende Fabrikat von Gebrüder Born in Erfurt erwähnt, sich in gewissen Fällen besser als Olivenöl bewährt haben.

Tieröle finden ihres hohen Preises wegen bei Wärme- und Verbrennungskraftmaschinen keine Verwendung.

Bei der Auswahl von Lagerschmieröl sind noch folgende allgemein für Maschinenöle aller Maschinengattungen gültige Gesichtspunkte maßgebend.

Vor allem ist das Harzen des Öles zu beachten, was besonders bei Rüböl häufiger anzutreffen ist und dasselbe dann zur Schmierung für direkte Be-

nutzung unbrauchbar macht. Ferner darf kein Öl in dünner Lage und bei längerer Einwirkung der Luft, was bei Lagerschmierung z. B. stets während des Stillstands der Maschinen in beschränktem Maße zutrifft, zu einer zähen firnisartigen Schicht eintrocknen. Denn dadurch würde es einerseits seine Schmierfähigkeit einbüßen, andererseits die Packungen der Stopfbüchsen u. dgl. schädigen. Auch ist darauf zu achten, daß das Öl bei längerem Stehen bzw. Lagern an der Luft sich nicht verändert und keinen Bodensatz bildet. Fremde Beimengungen wie Schleim, Kohle u. dgl. beeinträchtigen natürlich sehr die Qualität. Bei Lagern mit Dochtschmierung sollen nur Öle verwendet werden, die absolut wasserfrei sind, da die Saugefähigkeit der Dochte durch Wasser stark beeinträchtigt wird. Schließlich ist als Fettgehalt und Wassergehalt bei allen sonst hier in Betracht kommenden Ölen nur ein Minimalgehalt (Spur) zulässig.

Bei der Auswahl eines Öles zur Lagerschmierung stelle man zunächst eine Reihe von Ölsorten auf Grund der Viskosität in engere Wahl, und zwar sind bezüglich der Viskosität die spezifische Flächenpressung und die Geschwindigkeit vor allem maßgebend gemäß den Ausführungen auf Seite 8. Aus den zur engeren Wahl gestellten Ölsorten trifft man wiederum eine Auswahl mehrerer Öle (von verschiedenen Firmen) an Hand vorstehender Gesichtspunkte, also Flamm- oder Erstarrungspunkt, Einfluß auf Metalle, Preis usw. und unter Benutzung der an späterer Stelle beschriebenen Prüfemaschinen und Untersuchungsmethoden. Mit den derart sozusagen auf Grund theoretischer Erwägungen ausgesuchten Ölsorten nimmt man zur Bestimmung der für den jeweiligen Betrieb zweckmäßigsten Sorte in dem Betrieb selbst praktische Versuche gemäß der in Kapitel IV Abt. c2 gegebenen Anleitung vor.

Die Fette eignen sich im allgemeinen **nur** für langsam laufende Maschinenteile mit geringen spezifischen Pressungen Ihre Schmierfähigkeit ist bedeutend geringer als diejenige der Öle, was aus nachfolgend angeführten, von Wm. M Davis veröffentlichten, an den Maschinen der Pittsburgh City Water Works vorgenommenen Versuchen ersichtlich ist Er schmierte zunächst an der stehenden Verbundmaschine Nr. 8, die in der Minute 20 Umdrehungen macht, die vier Plunger, von denen zwei Stück je 820 mm Durchmesser und die beiden anderen je 550 mm Durchmesser bei 1600 mm Hub hatten, mit Öl. Die Diagramme ergaben dabei einen Verbrauch von 764 PS zum Antrieb der Pumpen; hierauf wendete er unter den gleichen Betriebsverhältnissen die Fettschmierung an und fand einen Verbrauch von 845,5 PS; also bedeutete die geringere Schmierfähigkeit des Fettes einen Arbeitsverlust von etwa 10,7 %.

Außer der oben nachgewiesenen erhöhten Kraftbeanspruchung bedingt die Fettschmierung größere Lagerabnutzung und erhöhte Betriebskosten. Schließlich ist noch bei Fetten zu berücksichtigen, daß bei hoher Außentemperatur, geringere Lagererwärmung vorausgesetzt, den zu schmierenden Flächen mehr Öl zufließt als bei niedrigerer Außentemperatur; wenn daher der Schmierapparat für erstere richtig eingestellt ist, wird durch die Temperaturänderung dann das Lager zu wenig geschmiert und läuft heiß.

Aus allem folgt, daß die Fettschmierung bei Lagern nur dann Daseinsberechtigung hat, wenn es sich um Schmierstellen handelt, die schwer zugängig und der Kontrolle entzogen sind. Also z. B. bei Maschinen, die an schwer zugänglichen Orten stehen oder an Maschinenteilen, die dauernd in Bewegung sind und eventuell Tagelang keinen Stillstand zulassen, d. h. bei Büchsenschmierung.

Die Auswahl der Fette erfolgt unter Berücksichtigung der für die entsprechenden Temperaturen und Geschwindigkeiten in Betracht kommenden Konsistenz aus den auf Seite 76 bis 86 aufgeführten Fetten. Außer diesen aus einfachen Bestandteilen bestehenden Fetten kommen auch verschiedene Gemische nach besonderen, meist von den Fabrikanten geheimgehaltenen Rezepten in den Handel. So eignen sich z. B. Gemische aus Harzölen und Fetten; für die Lagerschmierung von Maschinenteilen aus Bronze und Messing eignet sich, insbesondere auch durch ziemliche Indifferenz gegen diese Metalle, eine Solarölschmiere, die aus 30 Teilen Solaröl und 20 Teilen raffiniertem Rüböl besteht. Für schnellaufende Maschinenteile lassen sich auch teilweise die später näher beschriebenen Turbinenöle verwenden.

Die Verwendung von Graphit zur Lagerschmierung erfolgt in der gleichen Weise wie bei Zylinderschmierung, d. h. mit den für die jeweiligen Verhältnisse in Betracht kommenden Maschinenölen und Fetten gemischt. Als Norm für Maschinenöle zur Lagerschmierung der hier betrachteten Wärme- und Verbrennungskraftmaschinen können die in nachstehender Tabelle angegebenen ungefähren Durchschnittsdaten von Analysen dienen.

Normale Durchschnittsdaten zu Maschinenölen für:		Spezif. Gewicht	Viskosität bei 20° C	Flammpunkt	Brennpunkt
Dampfmaschinen, Dampfturbinen und Verbrennungskraftmaschinen.	Gewöhnl. Lager und Triebwerksteile	0,895	20—40	195°	250°
	Ringschmierlager und Rundlaufschmierungen	0,880	10—15	185°	235°
Lokomotiven:	Triebwerksteile	0,925	20—40	185°	235°
„	Achsen	0,888	60	115°	190°

Bezüglich der obigen Zahlen gilt das bereits bei der Tabelle über Zylinderöle Gesagte, es sind

also Durchschnittszahlen, von denen in mäßigen Grenzen Abweichungen zulässig sind. — Eine Auswahl von Analysendaten beliebig herausgegriffener Maschinenöle, die im Handel sind, ist zur Illustration der Mannigfaltigkeit des auf den Markt gebrachten Materiales im Anhang dieses Buches gegeben.

c) Stopfbüchsenschmierung.

Die Stopfbüchsen bilden eigentlich Teile der Zylinder und kommen mit den im Innern derselben befindlichen Maschinenteilen, den Kolbenstangen usw. in Berührung. Infolgedessen haben wir bei der Stopfbüchsenschmierung auch mit hohen Temperaturen zu rechnen und müssen zur Auswahl eines geeigneten Öls zunächst den Flammpunkt maßgebend machen. Die in Betracht kommende Temperatur läßt sich verhältnismäßig gut schätzen, da z. B. die Kolbenstangen bei ihrem Durchgang in den heißen Zylinder meist Anlauffarben annehmen, die man bei Kenntnis des betreffenden Metalls zur näherungsweisen Bestimmung der Temperatur benutzen kann. Auch läßt sich dort die Temperatur verhältnismäßig einfach durch Thermometer messen. In zweiter Linie ist dann die Viskosität zu berücksichtigen.

Gemäß vorstehendem kommen also für Stopfbüchsenschmierung im allgemeinen die entsprechenden Zylinderöle in Betracht. Allerdings könnte man wohl meist mit Ölen von etwas geringerem Flammpunkt auskommen, allein der Ölverbrauch für Stopfbüchsenschmierung wird im allgemeinen nicht derart groß sein, daß das Halten einer geringeren Ölsorte bedeutende Ersparnis bietet. — Einen schmierenden Teil bei Stopfbüchsen bildet auch vielfach die Packung; hierbei findet man noch öfters mit Talg getränkte Hanfpackung. Letztere

sollte man bei modernen Dampf- und Verbrennungskraftmaschinen unbedingt ausschließen und entweder Metall- oder Graphitpackung verwenden. Gerade bei Heißdampf- und Gasmaschinen erweisen sich die Graphitpackungen als außerordentlich vorteilhaft, insbesondere hat Verfasser bei Kolbenstangen und Schieberstangen eine vorzügliche Schmierung damit erzielt.

Eine für Dochtschmierung geeignete Kolbenstangenschmiere erhält man nach Brunner, indem man 1 Teil Paraffin und 4 Teile Talkpulver (Siehe Seite 90.) heiß zusammenrührt, in das Gemisch die Schmierdochte taucht und letztere hierauf in die Kolbenstangen-Stopfbüchsen bringt.

Eine Übersicht der mannigfaltigen für Lagerschmierung im Handel befindlichen Sorten Öle und Fette findet sich im Anhang dieses Buches.

2. Schiffsmaschinen.

Bei der Auswahl der Zylinderöle ist zu berücksichtigen, daß bei Schiffsmaschinen das Kondenswasser fast stets zum Kessel zurückgeführt wird.

Zum Schmieren der Maschinenteile haben sich reine Mineralöle nicht einführen können, weil sie bei der erforderlichen Leichtflüssigkeit nicht genügend schmierfähig sind. Man verwendet dort Öle mit hohem Fettgehalt. So bringt z. B. die Deutsche Vacuum Oil Company ein sogenanntes Marine Engine Oil auf den Markt, das die Eigenschaft hat, an den Maschinenteilen einen Schaum zu bilden, der sorgfältig von dem Maschinisten beobachtet wird. Wenn der Schaum anfängt zu verschwinden, so ist dies für den Maschinisten ein Zeichen, daß der betreffende Maschinenteil wegen Überhitzung seine Aufmerksamkeit erfordert, was für den Seedienst von besonderem Wert ist.

Neuerdings finden zum Schiffsantrieb auch die Verbrennungskraftmaschinen ausgedehntere Verwendung. Hierbei gilt bezüglich der Schmiermittelwahl für die Zylinderschmierung im allgemeinen das bei stationären Verbrennungskraftmaschinen angeführte, für Schmierung der Maschinenteile das gleiche wie für Schiffsdampfmaschinen.

Selbstverständlich ist auch bei Schiffsmaschinen je nach Größe des Betriebes die Viskosität zu berücksichtigen; dabei ist neben der Schwere des Betriebes auch zu beachten, daß ältere Schiffsmaschinen, deren Lager meist schon etwas abgenutzt sind, stets ein verhältnismäßig zähflüssigeres Öl erfordern als neue Maschinen.

Als Norm können mit innerhalb gewisser Grenzen zulässigen Abweichungen für Öle zur Schmierung von Schiffsdampfmaschinen die in nachstehender Tabelle gegebenen Durchschnitts-Analysendaten gelten:

Art der Öle.	Spezif. Gewicht	Viskosität	Flammpunkt	Brennpunkt
Zylinderöl bei Oberflächen-Kondensation	0,901	4,35 bei 100°	270°	340°
Zylinderöl bei: Einspritz-Kondensation, Auspuffmaschinen	0,914	3,75 bei 100°	265°	345°
Maschinenöl	0.918 0,918	45—60 bei 20° 12,0 „ 50°	200°	275°

Im Handel befindliche Öle für die Schmierung von Schiffsmaschinen sind in der Tabelle im Anhang gegeben.

3. Kompressoren, Eis- und Kältemaschinen.

a) Zylinderschmierung.

Die Zylinderschmierung dieser Maschinengattungen, die im Wesentlichen aus Luft- und Gas-

kompressoren bestehen, erfordert je nach Art des komprimierten Mittels verschiedene Schmiermaterialien. Während die Zylinder der Schwefligsäure-Eismaschinen sich durch die flüssige Säure selbst schmieren, verwendet man bei den Zylindern der Kohlensäure-Eismaschinen häufig Glyzerin, das wegen seiner Kältebeständigkeit und Indifferenz gegen Fermente bekannt ist. Doch finden sich dafür auch besondere Ölsorten am Markt, für die auf Seite 118 Durchschnitts-Analyse gegeben sind. — Bei diesen beiden Maschinengattungen macht also die Auswahl eines Schmiermittels keine Schwierigkeiten.

Anders dagegen bei den Ammoniak-Eismaschinen; hierbei ist für das zur Verwendung gelangende Öl in erster Linie dessen Verhalten in Kälte maßgebend, da es bei der tiefen Temperatur des Ammoniaks seine ursprüngliche Zähflüssigkeit behalten muß. Es kommen also nur solche Öle in Betracht, die bei —21° C noch sehr zähflüssig sind. Man verwendet dazu am zweckmäßigsten reinste Mineralöle russischen Ursprungs, da die russischen Öle sich durch ihren äußerst tief liegenden Erstarrungspunkt auszeichnen und zwar benutzt man paraffinfreie, bei normaler Zimmerwärme sehr leichtflüssige Öle. Nach Holde soll die Viskosität solcher Öle im allgemeinen bei +20° C (nach Engler) zwischen 4,5 und 6,5 liegen; allerdings findet man auch noch Fabrikate von höheren Werten, wie z. B. im Anhang die Tabelle zeigt. Das spezifische Gewicht solcher Öle schwankt meist zwischen 0,875 und 0,896. Besonderes Gewicht ist darauf zu legen, daß die Öle vollkommen säurefrei sind; die Anwesenheit von Fettsäuren würde die Bildung von Ammoniakseifen und damit von Emulsionen bedingen. Nach Holde (Mitteilungen aus dem Königl. Materialprüfungsamt 1905, Heft 2)

sollen brauchbare Öle in einem 6 mm weiten U-Rohr unter einem Druck von 50 mm Wassersäule bei —21° C meistens über 25 mm in 1 Minute, oft über 30 mm in 1 Minute ansteigen, unter 30 mm Wassersäule steigen sie bei —21° C noch um 13—17 mm in 1 Minute an. — Der Flammpunkt spielt natürlich bei diesen Ölen kaum eine Rolle, da er, obwohl im Verhältnis zu den Dampfzylinderölen sehr tief liegend, im allgemeinen doch nie bis zu jener Grenze sinkt, auf welche sich unter Umständen Maschinenteile erwärmen könnten. — Die mitunter bei den im Handel befindlichen Kompressorölen auffallende rötliche bis rote Färbung ist künstlich durch Farbstoffzusatz erzeugt und kommt bei der Wahl einer geeigneten Ölsorte nicht in Betracht.

Die größte Sorgfalt bei der Auswahl von Kompressorölen erfordern die Zylinder der Luftkompressoren. Hier spielen die Druckverhältnisse eine wesentliche Rolle, da sie einesteils bestimmte Anforderungen an die Viskosität der benutzten Öle stellen, anderenteils die Temperatur im Innern des Zylinders beeinflussen, die ja mit steigendem Kompressionsdruck wächst und somit sind sie auch für die Wahl hinsichtlich des Flammpunktes beeinflussend. Selbstverständlich ist dabei auch die Zylinderkonstruktion, ob Wasserkühlung usw., von ziemlichem Einfluß auf die Temperatur der komprimierten Luft bzw. die Erwärmung des Zylinders. Schließlich macht sich noch bei Kompressoren der Umstand geltend, daß man namentlich anfangs, als man mit den Verhältnissen noch nicht genügend vertraut war, in Kompressorzylindern Ölexplosionen erhielt, die bedingt waren durch den Sauerstoffgehalt des Kompressoröls in Verbindung mit einem zu niedrig gewählten Flammpunkt. Der Gehalt an freiem Sauerstoff in Kompressorölen ist daher auf ein Minimum zu beschränken, wobei allerdings hervor-

gehoben sei, daß der von verschiedenen Bergbehörden vorgeschriebenen Bedingung der absoluten Sauerstofffreiheit bei Kompressorölen in der Praxis kaum mit unumstößlicher Sicherheit Folge geleistet werden kann, da in Ölen stets mehr oder weniger minimale Luftmengen gelöst sind. Auch ist es mit dem Sauerstoffgehalt nicht so furchtbar ängstlich, nach Holde (siehe oben) fand z. B. Dr. Schäfer bei Analysen von normalen leichtflüssigen bis dickflüssigen Ölen folgenden Sauerstoffgehalt (gemäß Mitteilungen aus dem Königl. Materialprüfungsamt) in ccm Sauerstoff, bezogen auf 0° und 760 mm Druck:

Ölprobe Nr.	1	2	3	4	5
Sauerstoffmenge im Mittel	1,36	0,74	1,08	0,88	0,87
Nicht von Pyrogallussäure absorbiertes Gas (hauptsächlich Stickstoff) im Mittel	5,78	3,41	5,35	5,04	5,92

Fürchtet man bei einem Kompressor infolge einer durch hohe Drucke, besondere Bauart oder dgl. bedingten Erhitzung Ölexplosionen im Zylinder, so muß man einfach ein Öl mit entsprechend hohem Flammpunkt, etwa 280—300° C oder mehr, benutzen. Hier greift jedoch bei der Auswahl der geeigneten Ölsorte als weiterer sehr wichtiger Faktor die Viskosität mit ein. Bei einstufigen Kompressoren mit hohem Enddruck oder bei den Hoch- und Mitteldruckzylindern mehrstufiger Kompressoren besteht das Bestreben, zumal meist ziemlich große Luftgeschwindigkeiten in Betracht kommen, das Öl zwischen den zu schmierenden Flächen herauszupressen, wodurch natürlich die Gefahr der Erhitzung und Explosion erhöht wird. Um dem vorzubeugen,

muß man ein Öl von entsprechender Viskosität wählen. Insbesondere ist diesem Umstand bei den größere Reibung ergebenden Schieberkompressoren Rechnung zu tragen. Für solche Fälle eignen sich also Kompressoröle, deren Zähflüssigkeit jener von dickflüssigen Dampfzylinderölen gleichkommt; sie sind natürlich von Fall zu Fall den Betriebsverhältnissen entsprechend zu wählen und zwar auch zunächst in engere Wahl, wie an späterer Stelle beschrieben und dann daraus durch praktische Versuche an der betreffenden Anlage, ähnlich den in Kapitel IV Abt. c2 beschriebenen, das für den jeweiligen Fall beste zu ermitteln.

Für Kompressoren mit geringeren Drucken wäre es natürlich unzweckmäßig, besonders dickflüssige Öle zu nehmen, da diese, wie bereits auf Seite 9 erläutert, ja eine größere innere Reibung bedingen. Man kann da ohne Bedenken ziemlich dünnflüssige Öle verwenden, z. B. bei Niederdruckluftkompressoren mit etwa 2—3 facher Kompression, insbesondere wenn sie mit Ventilen arbeiten. Man erzielt dabei auch für letztere den Vorteil leichteren Ganges. Es genügen hier Öle mit Zähflüssigkeitsgraden von 2—5 bei 50° C auf Wasser nach Engler bezogen, und solche Öle haben im allgemeinen ein spezifisches Gewicht zwischen 0,870 und 0,905 sowie einen den Verhältnissen entsprechenden Flammpunkt, wofür man sich mit ungefähr 210—230° C begnügen kann.

Eine Auswahl von im Handel befindlichen Kompressorenzylinderölen ist in der bezeichneten Tabelle des Anhangs gegeben, Durchschnittswerte siehe Tabelle Seite 118.

Graphit läßt sich bei Zylinderschmierung von Kompressoren in gleicher Weise wie bei Dampfzylinderschmierung als Zusatz zum Öl zweckmäßig verwenden.

b) Lagerschmierung.

Bei Lagerschmierung von Kompressoren sind im wesentlichen dieselben Gesichtspunkte maßgebend wie bei Dampfmaschinen. Bei den Kompressoren von Eis- und Kältemaschinen tritt, da die sich bewegenden Teile durch Strahlung und Leitung relativ kühl sein werden, neben der Viskosität das Verhalten in der Kälte für die Auswahl eines Öles vorwiegend in Betracht und man wird hier im allgemeinen mehr auf die Maschinenöle russischer Herkunft zurückgreifen.

c) Stopfbüchsenschmierung.

Diese erfolgt entweder mit dem gleichen Öl, wie die Zylinder, oder, was sich bei Stopfbüchsen gut bewerkstelligen läßt, mit Graphit. —

Bei den Schmiermitteln für Kältemaschinen sei noch nach Fischers Jahresbericht der Chemischen Technologie die Verwendung von Petroläther oder anderen leichten Kohlenwasserstoffen nach D. R. P. 165744 genannt (von Claude). Gewöhnlich wird für die Praxis danach Petroleumäther mit Schmieröl gemischt verwendet. Je tiefer die mit der Maschine erzielten Temperaturen sind, destomehr Petroleumäther setzt man zu. Auf diese Weise kann man den Gang der Maschine von Anfang an bis zur Temperatur der Luftverflüssigung sichern. Als Beispiel führt der Patentinhaber ein Gemisch von Petroleumäther vom spezifischen Gewicht 0,64 und von leichtem Vaselineöl vom spezifischen Gewicht 0,88, das erst bei —60° erstarrt, an. Bei der Ingangsetzung der Maschine wird man beispielsweise, bis die Einlaßtemperatur auf —20° herabgesunken ist, reines Vaselineöl verwenden, dann von etwa —20° bis —60° ein Gemisch, das 50 % dieses Vaselineöls und 50 % Petroleumäther vom

spezifischen Gewicht 0,64 enthält; bei —60° bis —120° ein Gemisch von 25 % Vaselineöl und 75 % Petroleumäther, bei —120° bis —160° ein Gemisch aus 10 % Vaselineöl und 90 % Petroleumäther. Man wird fortfahren, mit diesem Gemisch zu schmieren, wenn die normale Betriebstemperatur am Einlaß —120° bis —160° beträgt. Dagegen wird man bis zur Verwendung des reinen Petroleumäthers schreiten, wenn die Temperatur unter —160° C liegt.

Als Durchschnittsdaten für Kompressorenöle seien gegeben:

Art der Öle	Spez. Gewicht	Viskosität	Flammpunkt	Brennpunkt	Stockpunkt
Kohlensäure-Kompressoren-Zylinderöl	0,895	8,75 bei 20°	145°	175°	—40°
Ammoniak-Kompressoren-Zylinderöl	0,875	1,35 bei 100° 2,50 „ 50°	185°	240°	—15°
Luftkompressoren-Zylinderöl	0,885	1,75 bei 100° 5,00 „ 50°	210°	275°	Kommt nicht in Frage.
Kompressoren-Maschinenöle: gewöhnl. Lager u. Triebwerkteile	0,885	20—40 bei 20°	195°	250°	
Kompressoren-Maschinenöle: Ringschmierlg. u. Rundlaufschmier	0,880	10—15 „ 20°	185°	235°	

4. Elektrische Maschinen.

Bei Dynamomaschinen und Elektromotoren haben wir es durchgängig mit verhältnismäßig geringen Drucken zu tun, während bei den mittleren und namentlich bei den kleineren Maschinen die Geschwindigkeiten ganz beträchtliche Werte annehmen. Als Temperaturen kommen, soweit es sich um Maschinen handelt, die in geschlossenen Räumen laufen, die mittleren Temperaturen von Werkstätten u. dgl. in Betracht. Wir haben also für solche Maschinen die Schmieröle in erster Linie gemäß

der Viskosität für den jeweiligen Druck und Geschwindigkeit auszuwählen unter Berücksichtigung unserer Ausführungen auf Seite 9.

Den ausgiebigsten Gebrauch bei elektrischen Maschinen finden daher leichtflüssige Öle, besonders Mineralöle oder compoundierte Öle; es sind meist helle Öle, deren Flammpunkt nicht von wesentlichem Einfluß ist und im allgemeinen zwischen 150 ° und 220 ° C liegt.

Dagegen ist bei den im Freien laufenden elektrischen Maschinen, z. B. den Motoren elektrischer Straßenbahnen, landwirtschaftlicher Maschinen usw., das Verhalten des Öles in der Kälte von Wichtigkeit. Man muß also bei diesen die Auswahl des Öles mit Rücksicht auf den Erstarrungspunkt treffen, welch letzterer entsprechend tiefer liegen muß als die in der betreffenden Gegend eintretende tiefste Jahrestemperatur. Zweckmäßig verwendet man bei solchen Maschinen analog wie im Eisenbahnwesen (siehe dies) im Sommer und Winter verschiedene Öle, sogenannte Sommer- und Winteröle. Dem Sommeröl legt man dabei für deutsche Gegenden einen Erstarrungspunkt tiefer als —5 ° C zugrunde, dem Winteröl einen solchen von unter —15 ° C.

Ferner lassen sich für elektrische Maschinen Rüböl und Olivenöl verwenden, doch kommen diese ihres hohen Preises wegen nur für kleine schnelllaufende Maschinen in Betracht. Insbesondere bei im Freien laufenden Maschinen bieten die Pflanzenöle den Vorteil, daß sie bei wechselnder Temperatur infolge gleichmäßigerer Viskosität eine gleichmäßigere beständigere Schmierfähigkeit ergeben als Mineralöle.

Auch sogenannte Turbinenöle lassen sich für elektrische Maschinen mit hohen Umlaufszahlen und geringer Belastung verwenden; die Zusammen-

setzung derselben ist verschieden, z. B. 1 Teil Olivenöl, 200 Teile gelbes Harzöl — oder 33 Teile Rüböl, 33 Teile blaues und 200 Teile gelbes Harzöl — oder 30 Teile Paraffinöl, 30 Teile Baumwollsamenöl und 40 Teile gelbes Harzöl.

Die Verwendung von Fetten ist bei elektrischen Maschinen auszuschließen, insbesondere wegen der dort auftretenden hohen Geschwindigkeiten. Denn die Wirkung des Fettes beginnt erst dann, wenn das Lager eine erhöhte Temperatur erreicht hat, bei der die Konsistenz des Fettes derart wird, daß es der Lagerfläche zufließt; dadurch tritt wieder eine Abkühlung ein und es stellt sich eine mittlere Temperatur des geschmierten Teiles ein. Diese erste Temperaturerhöhung bedingt natürlich erhöhte Reibungsarbeit und diese würde dann bei den verhältnismäßig raschlaufenden elektrischen Maschinen unverhältnismäßig groß und die Temperaturerhöhung derart, daß sie schwer auf normales Maß bei dauerndem Betrieb zurückgebracht werden kann.

Nachstehende Tabelle gibt Durchschnittsdaten für zur Schmierung von elektrischen Maschinen gebräuchliche Öle:

Spezifisches Gewicht	0,875
Viskosität bei 20°	9—15
Flammpunkt	180°
Brennpunkt	235°

Sodann ist bei elektrischen Maschinen noch das Schmiermittel zum Einfetten des Kollektors zwecks Verminderung der Funkenbildung zu nennen. Natürlich ist dabei sorgfältig darauf zu achten, daß das Fett nur in sehr dünner Schicht aufgetragen wird. Am besten erhält man eine dünne Schicht gleichmäßig, indem man nach der Einfettung des

Kollektors mit einem reinen trockenen Lappen bei abgehobenen Bürsten während des Ganges der Dynamo nachwischt.

5. Werkzeugmaschinen.

Für die Werkzeugmaschinen, von denen hier allerdings die Dampf- und Luftzylinder von Dampf- u. dgl. Hämmern ausgeschlossen sind, da für diese die Dampf- bzw. Kompressorenzylinderöle in Betracht kommen, eignen sich sowohl Öle als auch Fette.

Bei den Ölen für Werkzeugmaschinen, bei denen wir im allgemeinen annehmen, daß sie nicht im Freien arbeiten, handelt es sich in erster Linie um die Viskosität. Die Mannigfaltigkeit der Werkzeugmaschinen, z. B. schwere und leichte Maschinen, solche mit großer und geringer Geschwindigkeit usw., bedingt natürlich eine große Anzahl von Ölsorten, um allen Anforderungen das Zweckmäßigste bieten zu können. Die Auswahl erfolgte zunächst auf Grund des auf Seite 9 gegebenen Zusammenhangs zwischen Viskosität, Geschwindigkeit, Druck und Temperatur und die endgültige Wahl aus den durch obige Betrachtungen und unter Benutzung von Ölprüfemaschinen in engere Wahl gestellten Sorten erfolgt durch praktische Versuche an der betreffenden Maschine selbst.

Für Werkzeugmaschinen, wie sie in Fabrikbetrieben in Betracht kommen, sind hauptsächlich Mineralöle, compoundierte Öle oder Pflanzenöle in Gebrauch. Feinste Werkzeugmaschinen, wie sie von Präzisionsmechanikern, Uhrmachern u. dgl. benutzt werden, erhalten am besten Oliven- oder Knochenöl, näheres findet sich unter dem Kapitel über Uhrmacheröle Seite 135. Ein ebenfalls für solche Zwecke brauchbares feines Maschinenöl be-

steht aus 10 Teilen raffiniertem Rüböl und 5 Teilen 90prozentigem Weingeist, die unter Wärme und Rühren zusammengebracht werden.

Ferner lassen sich für mittlere Werkzeugmaschinen *Paraffinölschmieren* verwenden, die z. B. aus 6—10 Teilen Paraffinöl und 94—90 Teilen Rüböl bestehen.

Da an Werkzeugmaschinen häufiger Messing- oder Bronzeteile vorhanden sind, sei auch auf die *Solarölschmiere* hingewiesen, die aus 20 Teilen raffiniertem Rüböl und 30 Teilen Solaröl besteht.

An schwer zugängigen Stellen kann man bei Werkzeugmaschinen auch Fettschmierung verwenden. Eine gute *Graphitschmiere*, die sich besonders für die Achsen von Kreissägen und sonstigen schnellaufenden, gering belasteten Teile eignet, besteht aus gleichen Teilen von Talg und Graphit, das Ganze innig gemischt. — Eine für ähnliche Zwecke bestimmte Schmiere besteht aus 1 Teil Rüböl, 5 Teilen Wasser, 2 Teilen Talkpulver und 1 Teil Seife, sämtliche Bestandteile werden zusammen unter stetem Umrühren gut gekocht.

Bei den Werkzeugmaschinen verdient auch noch das sogenannte *Bohröl* Erwähnung. Es sind dies die wasserlöslich gemachten Öle, die gegenüber dem früher verwendeten Seifenwasser den Vorzug haben, daß sie rostschützend sind. Zu Bohrölen eignen sich besonders die chemisch behandelten Pflanzenöle, bei denen man mit 1 bis 5 % Zusatz zum Wasser ausreicht. Ein besonderes Patent auf Bohröle erhielt der Chemiker Boleg, das ein Verfahren zur Wasserlöslichmachung von Harzöl betrifft. Ein neueres Patent der Gesellschaft zur Verwertung der Bolegschen wasserlöslichen Mineralöle, Nr. 163387, besteht darin, daß man die rischen und pflanzlichen Öle, Fette und Wachsen mit wasserlöslich gemachtem Harzöl bei

Temperaturen von etwa 60—80° C. verrührt. Um z. B. wasserlösliches Wollfett zu erhalten, wird neutrales Wollfett mit etwa 25% nach D. R. P. 148 168 wasserlöslich gemachtem Harzöl verrührt. Das wasserlöslich gemachte Wollfett emulgiert sich ohne weiteres in jedem Verhältnis. — In der Folge kamen dann auch verschiedene Verfahren auf, Mineralöle wasserlöslich zu machen, die natürlich viel billiger sind als wasserlösliche Pflanzenöle, doch ist die Haltbarkeit nicht dieselbe. Eine Mineralöl-Emulsion wird z. B. nach Stockhausen (D. R. P. 159 220) hergestellt, indem man 1 kg der nach D. R. P. 113 433 hergestellten gelatineartigen Seife in 1 l Wasser löst und mit 100—300 g Mineralöl unter Kochen und steter Bewegung versetzt. Die so erhaltene Lösung läßt sich reichlich in Wasser, z. B. 5 g Gemisch auf 1 l Wasser, klar lösen.

Sollen zu Bohrölen alte Abfallöle, Tropföle u. dgl. verwendet werden, so muß zuerst der darin enthaltene Schmutz entfernt werden und die Öle sind zu prüfen, ob sie nicht sauer sind. Letzteres findet man, indem man eine Probe mit Wasser schüttelt und in das abgezogene Wasser blaues Lackmuspapier taucht. Dessen Verfärbung zeigt die Säure an. Diese Abfallöle lassen sich mit besonderen Präparaten vermischt verwenden, z. B. mit den von Ph. Mayer in Haunstetten bei Augsburg hergestellten Ölen RIII und RV, wodurch man Bohröle erhält, die sich leicht und haltbar in Wasser emulgieren. — Für größere Mengen zu baldigem Gebrauch kann man durch Zusammenkochen der gereinigten Abfallöle mit stark alkalisch hergestelltem Wasser gute Bohröle erzeugen.

6. Turbinen.

Für die im Maschinenhause laufenden Teile von Turbinen gelten im wesentlichen dieselben Ge-

sichtspunkte für die Auswahl des Schmiermittels wie bei der Lagerschmierung von Dampfmaschinen. Für die Teile, die bei hohen Geschwindigkeiten nur geringen Belastungen ansgesetzt sind, können auch die auf Seite 119 angegebenen Turbinenöle verwendet werden. Desgleichen ist die auf Seite 122 erwähnte Graphitschmiere brauchbar.

Eine Graphitschmiere für hölzerne Maschinenteile besteht aus 20 Teilen Graphit, 20 Teilen Palmöl, 30 Teilen Talg und 10 Teilen Tran, langsam über dem Feuer unter steter Bewegung zusammengeschmolzen.

Für die Schmierung der Zapfenlager gibt es eine ganze Reihe von Rezepten, z. B. nach Krätzer eine Schmiere aus 10 Teilen Talg, 10 Teilen Tran und 40 Teilen Pferdefett oder aus 10 Teilen Olivenöl, 40 Teilen Paraffinöl und 50 Teilen Schmalzöl oder eine Graphitschmiere aus 10 Teilen Graphit, 15 Teilen entsäuertem Rüböl und 10 Teilen Pferdefett. — Sämtliche Teile sind Gewichtsteile.

7. Textilmaschinen.

Bei den Textilmaschinen kommt es mehr als bei irgend einer anderen Maschine auf große Kraftersparnis und infolgedessen auf zweckmäßig gewählte Schmiermittel an. Es handelt sich dabei vornehmlich um die Schmierung der Spindeln, z. B. bei Spinnmaschinen, also kommen für derartige als Spindelöle bezeichneten Ölsorten keine hohen Drucke, dagegen ganz bedeutende Umlaufzahlen in Betracht, die normal zwischen 800 und 3000 Umdrehungen in der Minute liegen, jedoch auch bis 8000 steigen. Demgemäß hat man sehr leichtflüssige Öle zu wählen und es eignen sich dafür in erster Linie die aus amerikanischem Erdöl gewonnenen Spindelöle, die bekanntlich den russischen an Zähflüssigkeit bedeutend nachstehen. Dies ist auch

durch die Untersuchungen von Künkler erwiesen, der z. B. für russische Spindelöle vom spezifischen Gewicht 0,893 — 0,895 Viskositäten von 3,15 — 3,44 bei 50 ° C fand, für amerikanische Spindelöle vom spezifischen Gewicht 0,908 — 0,911 Viskositäten von 3,15 — 3,35. — Angaben über die auf dem Markt befindlichen Öle für Textilmaschinen finden sich in den Tabellen des Anhangs.

Ungefähre Durchschnittsanalysen von brauchbaren Ölen für Textilmaschinen haben nachstehende Werte ergeben:

Art der Öle.	Spezif. Gewicht	Viskosität bei 20°	Flammpunkt	Brennpunkt
Ringspindelöle	0 860	3— 9	160°	200°
Selfaktorspindelöle . . .	0,875	9—25	185°	235°
Getriebeöle	0,890	15—40	195°	250°

Die Auswahl hat natürlich gemäß Vorstehendem nach der Viskosität unter Berücksichtigung der Geschwindigkeit und der zu schmierenden Maschinenteile zu erfolgen.

8. Transmissionen und Zubehör.

Hierfür verwendet man sowohl je nach der Belastung mehr oder weniger zähflüssige Öle als auch konsistentes Fett. Erstere wird man insbesondere bei schnellaufenden Wellen vorziehen, da man damit den Zufluß genauer regulieren kann, während man für die langsamlaufenden Wellen ausgedehnter Transmissionsanlagen die billigere Starrschmiere benutzen kann. Denn bei den schnellaufenden Wellen kommen auch meist mittlere und kleinere Lagerverhältnisse in Betracht, bei denen die Starrschmiere infolge ihrer Anhaftungskraft relativ viel Kraft verzehren würde gegenüber Ölschmierung. Handelt es sich um schwer zugängige Teile, so wird man die dann bequemere Starrschmiere auch bei etwas

weniger langsam laufenden Transmissionen verwenden, zumal man heute darin sehr gute Fabrikate besitzt und dabei der wesentliche Vorteil der Starrschmiere zur Geltung kommt, daß bei Stillstand der Transmission die Fettzufuhr sofort aufhört, während bei Öl Abstellung nötig ist.

Bei der Auswahl der Öle sind die Geschwindigkeits- und Druckverhältnisse und die dadurch bedingten Viskositäten maßgebend. In Anbetracht der Verschiedenartigkeit dieser Verhältnisse bei den Transmissionen gibt es natürlich eine große Anzahl von Maschinenölen, von denen eine Reihe von Fabrikaten in der Tabelle im Anhang sind. Man trifft nun zunächst eine Auswahl für den in Frage kommenden Betrieb und untersucht die in Auswahl gestellten Öle auf einer der im nächsten Kapitel beschriebenen Ölprüfemaschinen. Die auf Grund dieser Untersuchung zur engeren Wahl gestellten Öle erprobt man dann im praktischen Betrieb selbst (siehe Kapitel IV Abt. c2), wodurch man das für die jeweiligen Verhältnisse beste und billigste Öl feststellt. Der Flammpunkt spielt direkt keine Rolle, sondern nur insofern indirekt, als er mit der Viskosität aus Gründen der technischen Erzeugung in gewissem Zusammenhang steht. Dagegen ist bei im Freien laufenden Transmissionen der Erstarrungspunkt zu berücksichtigen. Am zweckmäßigsten verwendet man von den Ölen die Mineralöle für Transmissionen, deren Schmierfähigkeit man, besonders bei schwer belasteten Lagern, durch Zusatz von Pflanzenöl erhöht.

Die Ölschmierung läßt sich auch hier durch Zusatz von Graphit in vielen Fällen günstiger gestalten, indem man damit eine Verminderung des Verbrauchs erzielt; bei schweren langsamlaufenden Wellen kann man unter Umständen durch Graphitzusatz auch die Verwendung eines leichtflüssigeren billigeren Öles ermöglichen.

Daten von Durchschnittsanalysen von brauchbaren Transmissionsölen sind in nachstehender Tabelle gegeben, die Werte sind natürlich nur Mittelwerte, nach denen man sich jedoch für die Auswahl richten kann unter Zulassung von Abweichungen innerhalb mäßiger Grenzen.

Mineral-Öle für:	Spezif. Gewicht	Viskosität bei 20°	Flammpunkt	Brennpunkt
Schwere Lager	0,878	25	185°	215°
Mittlere „	0,895	20—30	195°	250°
Leichte „	0,880	10—15	185°	235°

Eine Zusammenstellung von Daten verschiedener im Handel befindlicher Transmissionsöle und Fette ist im Anhang gegeben.

Ausgedehnte Verwendung zur Schmierung von Transmissionen u. dgl. finden die sogenannten konsistenten Maschinenfette. Dies sind im wesentlichen Gemische von Pflanzen-, Tier- und Mineralölen mit Kalk.

Bezüglich der Herstellung der konsistenten Maschinenfette lassen sich alle vorkommenden Arbeiten nach einem Bericht der „Seifensiederzeitung“ (1906 Nr. 22) auf zwei verschiedene Verfahren zurückführen.

Das erste Verfahren besteht darin, daß man das fette Öl im Kessel mit etwaigen vorher geschmolzenen festen Bestandteilen zusammenbringt, Kalkmilch hinzusetzt, langsam aufkocht und dabei Mineralöl zusetzt. Hierauf wird so lange gekocht, bis an herausgenommenen Proben die gewünschte Konsistenz festgestellt wird. Nach ein- bis zweistündiger Ruhepause kann man unten das angesammelte Wasser abziehen und das Fett durch ein Sieb ins Rührwerk geben.

Das zweite Verfahren besteht darin, daß man

das Öl mit etwaigen festen Bestandteilen im Kessel erhitzt bis letztere geschmolzen sind, dann Kalkmilch und auf 1000 kg Fett etwa 5 kg Lauge von 40° Bé zugibt. Ferner fügt man von dem dafür bestimmten Mineralöl die Hälfte hinzu und läßt die Masse bis zur genügenden Konsistenz kochen. Der Schaum wird dabei mit dem Rührscheit niedergearbeitet und dann erfolgt bei andauerndem Kochen der allmähliche Zusatz der zweiten Hälfte Mineralöl. Das Gemisch wird hierauf noch gut gekocht, entsprechend stehen gelassen und wie beim ersten Verfahren das Wasser abgelassen.

Die Zusammensetzung ist natürlich sehr verschieden und es gibt zahlreiche Rezepte; sehr häufig findet man 70—85 % Mineralöl, 20—10 % fettes Öl und 5—2 % Kalk. Als Mineralöle, die möglichst paraffinfrei sein sollen, eignen sich sehr gut die russischen Mineralöle, als fette Öle verwendet man Rüböl oder Kottonöl am häufigsten. Auch Talg und Tierfette werden benutzt, schließlich noch Graphit.

Eine gute Schmiere erhält man z. B. aus folgender Zusammensetzung: 650 Gewichtsteile paraffinfreies Mineralöl, 150 Gewichtsteile entsäuertes Rüböl, 1,25 Gewichtsteile Kolophonium, 1,25 Gewichtsteile Natronlauge von 35° Bé, 37 Gewichtsteile weißer Kalk und 3 Gewichtsteile rohes Palmkernöl. Man bringt zunächst 150 Teile Rüböl mit der gleichen Menge Mineralöl im Kessel mit dem Kalk zusammen und läßt bei lebhaftem Feuer dies Gemisch etwas kochen. Hierauf erfolgt der Zusatz des Kolophoniums und der Natronlauge, wodurch man die Masse zum Verseifen bringt. Ist letzteres soweit erfolgt, daß man eine Probe nach Erkalten wie Seife schneiden kann, so gibt man den Rest des Mineralöls und das Palmkernöl zu bei lebhaftem Feuer und kocht gut durch, läßt 3 Stunden

stehen, zieht das Wasser ab und rührt das Öl im Rührwerk bis zur gewünschten Konsistenz, die man daran beurteilen kann, daß das Öl kurze, feine Fäden zieht. Das fertige konsistente Fett wird gewalzt oder gepreßt. Derartige Zusammensetzungen sind unter der Bezeichnung Tovotefett bekannt.

Ein anderes Rezept ist folgendes: 100 Teile Mineralöl, 100 Teile Harzöl, 50 Teile Rüböl, 70 Teile Leinöl, 25 Teile Kalk.

Oder man bringt 20 Gewichtsteile Rüböl, 10 Teile Talg und 10 Teile in der 30—50fachen Wassermenge gelöschten Kalk im Kessel zum Kochen bis sich Schaum bildet, setzt noch ganz allmählich bei stetem Feuer 70 Teile Rüböl zu und rührt und kocht so lange, bis das ganze Gemisch eine homogene Masse bildet. Die erkaltete Probe darf nicht hart sein, sondern das Kochen darf nur soweit getrieben werden, daß die erkalteten Proben sich in lange feine Fäden ziehen lassen. Dann setzt man etwa 30 Teile Wasser zu und bringt erneut zum Kochen. Vorsichtig, um das Kochen nicht zu unterbrechen, gibt man allmählich 500 bis 800 Teile Paraffinöl je nach Dickflüssigkeit desselben zu, kocht noch kurze Zeit und läßt dann abklären und behandelt die Masse in der üblichen Weise.

Die Anforderungen an konsistentes Maschinenfett erstrecken sich auf helle Farbe, homogenes Gefüge, Abwesenheit jeglicher mechanischen Verunreinigungen, möglicht geringen Wassergehalt, nicht über 2 %, ebenso Kalkseifengehalt nicht über 10 %, Säure- und Alkalifreiheit und Abwesenheit von harzartigen Beimengungen.

Ferner sind für die hier in Betracht kommenden Zwecke noch die Graphitschmieren sehr brauchbar, von denen einige Rezepte auf Seite 122 und 124 gegeben sind. Ein gutes Kolbenstangenfett erhält man, indem man 10 Gewichtsteile Zeresin mit

40 Gewichtsteilen neutralem Wollfett zusammenschmilzt, 25 Gewichtsteile reines Mineralöl zugibt und, während die Masse noch der Wärme ausgesetzt ist, 25 Gewichtsteile Graphit hinzubringt. (Siehe auch Seite 111.)

Schließlich sei noch eines Schmiermittels gedacht, das in der „Werkmeister-Zeitung" als sehr zweckmäßig hingestellt wird, eine Tatsache, die wir jedoch hier unter Vorbehalt wiedergeben. Dieses als Calypsol bezeichnete kanadische Fabrikat soll aus Calypsolfett bestehen, mit dem ein aus präparierter Wolle hergestelltes Garn getränkt ist. Die Verwendung erfordert allerdings besondere Lagerdeckelkonstruktion, die an der Innenseite zunächst mit dem Garn ausgelegt werden, auf das man das Calypsolfett in dicker Schicht aufträgt. Letztere soll also fast auf der ganzen Lagerlänge und dem halben Lagerumfang direkt auf dem Lager ruhen und infolge der Wolle ganz allmählich an dieses abgegeben werden. — Es bestehen natürlich eine ganze Menge mehr oder wenig brauchbarer Fabrikate, wie z. B. das zweckmäßige Caloricid von Krause, doch würde es hier zu weit führen, auf alle näher einzugehen.

Ein zweckmäßiges Mittel zur Erkennung warmlaufender Lager ist ein Anstrich mit einer Lösung von Kupferjodür und Quecksilberjodid. Dieses Doppelsalz, $Hg_2Cu_2J_4$, hat bei normaler Temperatur eine rötliche Farbe, sobald aber die Temperatur etwa 60^0 zu übersteigen beginnt, wird seine Farbe schwarz. Die betreffende Temperatur entspricht also dem gut „handwarmen" Zustand des Lagers.

9. Eisenbahn- und sonstige Wagen.

Bei dieser Kategorie haben wir es durchweg mit Maschinenteilen zu tun, die im Freien laufen, und demgemäß kommen hier meist für Sommer- und Winterzeit getrennte Schmiermittel in Betracht.

Die größte Sorgfalt hinsichtlich der Schmierung ist natürlich auf die Achsen der Eisenbahnwagen zu legen, die nicht nur mit hohen Geschwindigkeiten, sondern, insbesondere auch bei Güterzügen, unter verhältnismäßig großen Flächenpressungen arbeiten. Zur Waggonschmierung sind daher vor allem Öle geeignet In erster Linie spielen also die Viskosität und der Kältepunkt eine Rolle, letzterer insbesonde bei Winterölen. Großmann kommt zu dem Ergebnis, daß es zweckmäßiger sei, die schwer belasteten Achsen der Güterwagen mit einem besseren Öl zu schmieren als die der Personenwagen. Allerdings ist dies nicht überall durchführbar. Veith schlägt daher vor, die Niveauverhältnisse als den die Wahl beeinflussenden Faktor zu nehmen und empfiehlt für Flachlandbahnen und Bahnen mit geringer Steigung ein höherwertiges Öl, für Bahnen mit ungünstigen Niveauverhältnissen die Wahl eines billigeren Öls. Demgemäß empfiehlt er für Flachlandbahnen dünnflüssige, für Bahnen mit Steigungen dickflüssige Öle. Am zweckmäßigsten wird man fahren, bei Eisenbahnen, insbesondere bei Privatbahnen ist dies natürlich leichter möglich, die vorzugsweise herrschenden Druck- und Geschwindigkeitsverhältnisse zu ermitteln und danach eine entsprechend visköse Ölsorte wählen. Des weiteren ist die Kältebeständigkeit dahin festzulegen, daß Sommeröl bei etwa —5° C, Winteröl bei —15° C noch fließen muß. Letztere Werte können natürlich nur für die gemäßigte Zone in Frage kommen und verschieben sich für andere Gegenden nach der oberen oder unteren Grenze. Das nämliche gilt für die Achsenschmierung bei Straßen- und elektrischen Vollbahnen.

Im allgemeinen verwendet man Mineralöle, die aus den Rückständen der Petroleumdestillation

durch weiteres Raffinieren und Destillieren gewonnen werden, doch benutzt man auch die rohen Rückstände ohne weitere Verarbeitung zur Waggonachsenschmierung, während sie natürlich im Maschinenbetrieb infolge ihres Teergehaltes und damit verbundener Neigung zum Harzen ausgeschlossen sind. Auch Pflanzenöle finden hier Verwendung, in erster Linie Rüböl.

Ausgedehnte Verwendung zur Schmierung der Waggonachsen finden auch die Wagenfette, deren es natürlich eine beträchtliche Zahl von Fabrikaten gibt, die den jeweiligen Verwendungszwecken, z. B. zum Schmieren der Achsen von Eisenbahn-, Straßenbahn-, Post-, Last-, Luxus- und sonstigen Wagen Rechnung tragen. Zu ihrer Herstellung werden vielfach die oben genannten Rückstände verarbeitet, sowie die Blau- und Grünöle, die neben dem Crackingprozeß in manchen Fabriken für Erdöldestillation erzeugt werden.

Wir wollen zunächst eine Anzahl von Wagenschmiere-Rezepten geben, die für die Schmierung von Eisenbahn-, Straßenbahn- und ähnlichen Wagenachsen Verwendung finden.

Eine u. a. bei der österreichischen Staatsbahn in Verwendung gewesene Wagenschmiere besteht aus Talg, Baumöl und Schweine- oder Pferdefett. Je nachdem man die Konsistenz entsprechend der Jahreszeit und Gegend stärker oder geringer haben will, setzt man auf 100 Teile Talg 1—20 Teile Baumöl und ½—18 Teile Fett zu, z. B. für kältebeständiges Wagenfett 100 Teile Talg, 20 Teile Baumöl und 13 Teile Fett; — für die heiße Zeit nimmt man nur 1 Teil Baumöl und 10 Teile Fett zu 100 Teilen Talg; eine für mittlere Verhältnisse geeignete Zusammensetzung besteht aus je 10 Teilen Baumöl und Fett auf 100 Teile Talg.

Eine ganze Reihe von Rezepten beruht auch auf der Vereinigung von Palmöl und Talg; der Talg bezweckt eine größere Konsistenz und zur Verseifung gibt man eine geringe Menge Soda zu. Zur Herstellung der Emulsion dient der Wasserzusatz. Durch die bei der Emulsion entstandene Verseifung werden die in den Pflanzen- und Tierölen enthaltenen freien Fettsäuren, die sonst die Metalle angreifen, unschädlich gemacht. Man nimmt z. B. für ein Sommerfett 10½ Teile Palmöl, 9 Teile Talg, 8 Teile Soda und 50 Teile Wasser. Oder 16 Teile Palmöl, 10 Teile Talg, 3½ Teile Soda und 30 Teile Wasser. Derartige Palmölschmiermittel sind u. a. auf den englischen Bahnen in Gebrauch, z. B. sogenannte Booth'sche Patentschmiere aus 20 Teilen Palmöl, 8 Teilen Talg, 1½ Teilen Soda und 10 Teilen Wasser; je nachdem man die Schmiere strengflüssiger oder butterartiger wünscht, gibt man mehr Talg oder mehr Palmöl zu; ein anderes Verhältnis für letztgenannte Schmiere ist z. B. 12 Teile Palmöl, 6 Teile Talg, 1 Teil Soda und 8 Teile Wasser; eine gute Winterschmiere besteht aus 15 Teilen Palmöl, 7½ Teilen Talg, 2½ Teilen Soda und 75 Teilen Wasser.

Ferner verwendet man die zuletzt genannten Stoffe zusammen mit Rüböl; ein derartiges Rezept für Sommerschmiere ist z. B. 50 Teile Palmöl, 90 Teile Talg, 21½ Teile Soda, 4½ Teile Rüböl und 245 Teile Wasser. — Oder 38 Teile Palmöl, 75 Teile Talg, 20 Teile Colzaöl, 50 Teile Soda und 130 Teile Wasser.

Rüböl findet auch sonst noch zahlreich Verwendung für Wagenfette, z. B. in Verbindung mit Talk als Talk-Rübölschmiere, bestehend aus 2 Teilen Kalk, 1 Teil Rüböl, 1 Teil Seife und 5 Teilen Wasser. Eine andere mit Rüböl und Talg hergestellte Talg-Rübölschmiere für Winter besteht aus 18 Teilen Talg, 12 Teilen Rüböl, 2 Teilen Soda

und 36 Teilen Wasser; — für Sommer aus 26 Teilen Talg, 5 1/2 Teilen Rüböl, 2 Teilen Soda und 34 Teilen Wasser.

Ein Emulsions-Schmiermittel nach D. R. P. 159526 wird folgendermaßen hergestellt: Durch Vaselineöl wird etwa 15 Minuten lang Sauerstoff oder Luft geleitet, um dem Öl den porösen Zustand wie z. B. den eines feinporigen Schlammes zu geben. Zu diesem ozonisierten Öl werden etwa 20 % Wollfett (Lanolin) zugesetzt. Die Masse wird dann solange mit Wasser verrührt, bis ein homogenes Gemisch entsteht.

Als sehr gutes Schmiermittel hat sich die Talg-Klauenfettschmiere, aus beiden Stoffen zu gleichen Teilen bestehend, bewährt.

Eine gute Knochenfett-Rübölschmiere besteht z. B. als Sommerschmiere aus 3 Teilen Knochenfett und 2 Teilen Rüböl, während für Winterschmiere der Rübölzusatz 6 – 7 Teile beträgt.

Auch Tran findet Verwendung, z. B. für die sogenannte Tran-Talgschmiere, die Tran und Talg im Verhältnis 1 : 2 enthält. Die Transchmieren stellt man auch vielfach mit Bleiglätte her, welch letztere die freie Fettsäure unschädlich machen soll.

Ferner seien noch die Antifriktions-Schmiermittel genannt, die im allgemeinen aus Bleiseifen bestehen; man stellt z. B. aus 20 Teilen Bleizucker, 10 Teilen Bleiglätte, 1 Teil Essig und 225 Teilen Wasser eine klare Lösung von Bleiessig her, mit der man dann 750 Teile Schweinefett und 500 Teile Rüböl zusammenkocht und danach erstarren läßt.

Schließlich eignen sich noch die bekannten Graphitschmieren, für die wir bereits auf Seite 122 und 124 Rezepte gegeben haben.

Bemerkt sei noch zu obigen Rezepten, daß sämtliche Teile als Gewichtsteile zu nehmen sind.

Außer den genannten Rezepten besteht nun noch eine weit größere Anzahl für die Herstellung von Wagenschmiere für Last- und Luxuswagen, doch würde deren eingehendere Behandlung hier zu weit führen und es sei daher für jede Kategorie nur je ein Rezept gegeben:

Für Lastfuhrwerke: 21 Teile Palmöl, 8½ Teile Talg, 6½ Teile Sodalauge und 92 Teile Wasser; für sehr schwere Fuhrwerke und hohe Kälte 84 Teile Palmöl, 42 Teile Talg, 14 Teile Soda und 420 Teile Wasser. Für leichte Lastfuhrwerke: 10 Teile Baumöl, 12½ Teile Talg, 1¾ Teile Pottasche und 18 Teile Wasser oder 15 Teile Walratöl, 15 Teile Seife, 30 Teile Talk und 75 Teile Wasser.

Für Jagdwagen, Equipagen u. dgl. 50 Teile Talg, 50 Teile Fichtenharz, 45 Teile Leinöl und 50 Teile Ätznatronlauge von 23° Bé. Oder: 36 Teile Talg, 9 Teile Palmöl, 9 Teile Schweinefett, 2 Teile Graphit.

10. Uhrmacher- und Nähmaschinenschmiermittel.

Hierfür eignen sich leichtflüssige Schmieröle, von denen man die besten auswählt, da es bei den geringen Mengen nicht auf den Kostenpunkt ankommt. Vorzugsweise verwendet man Knochenöl oder Olivenöl, auch verschiedene mit diesen hergestellte Zusammensetzungen. Ein Gemisch aus Rüböl, Mandel- und Olivenöl im Verhältnis 1 : 2 : 3 und mit Alkohol versetzt gibt ein sehr gutes Schmiermittel. Ein Nähmaschinenöl besteht z. B. aus 1 Teil Chlorkalk, 10 Teilen Wasser und 100 Teilen Petroleum. Auch eine Mischung von Rüböl mit der halben Menge 90prozentigen Weingeist gibt ein gutes Nähmaschinenöl. Für Nähmaschinen verwendet man auch Schmieren, z. B. aus je 50 Teilen Rüb-, Oliven- und Mandelöl, 4 Teilen Schwefelkohlenstoff

und 2 Teilen Kautschuk. Als Uhrmacheröl eignet sich noch nach Brunner schweres Teeröl, das zur Reinigung mit 2 % Chlorkalk gerührt und dann mit 3 % Salzsäure versetzt wird. Nach tüchtigem Rühren und darauffolgender mehrstündiger Ruhe wird das Gemisch mit 5 % Ätznatronlauge geschüttelt und filtriert.

Für Nähmaschinen ist besonders auch Glyzerin, allerdings chemisch rein ohne jede Spur von Wasser, zu empfehlen, das insbesondere die löbliche Eigenschaft hat, keine Fettflecke zurückzulassen, so daß die Beschädigung der zu nähenden Stoffe vermieden wird.

Für Fahrräder eignet sich z. B. folgende Fettschmierung: Man stellt zunächst in der Wärme ein Gemisch her aus 100 Teilen Talg oder Fett mit 40 Teilen Wachs und 15 Teilen Kajeputöl, dessen Konsistenz man durch entsprechende Mengen Kampferöl butterartig macht. Dazu rührt man ein Gemisch von 15 Teilen Ätzammoniak mit 45 Teilen Wollfett.

11. Verschiedene Schmiermittel.

Riemenschmiere: Man kocht unter Zusatz von etwas Wasser 9 Teile Leinöl und 4 Teile Bleiglätte (gebeutelte), bis die entnommene Probe teigartig ist. Die Masse versetzt man nach geringer Abkühlung mit Terpentinöl oder mit einer Mischung aus Terpentinöl und Rüböl.

Eine Riemenschmiere für Holzscheiben wird erhalten durch Schmelzen von 10 kg braunem Kolophonium und Einrühren von 1 kg Talg und 1 kg Tran; die sehr zähe Schmiere ist nur ganz sparsam zu verwenden.

Die mit Kolophonium zusammengesetzten Riemenschmieren sind wenig zu empfehlen, weil dadurch die Riemen mit der Zeit spröde und hart

werden. Vorteilhaft ist ein Gemisch von Stearin, Degras und Bienenwachs. Ebenso eignet sich eine Mischung von 1 Teil Talg und 2 Teilen Tran.

Seilschmiere: Man schmilzt 1 kg Kolophonium, setzt eine Mischung von 0,5 kg Leinöl mit 200 kg Kreide zu und rührt bis zum Erkalten.

Für Hanf- und Baumwollseile schmilzt man unter gutem Rühren 1 Teil Leinöl, 1 Teil Schmierseife oder Talg, 1 Teil Graphit und 1/2 Teil Wachs zusammen.

Oder man versetzt geschmolzenen Talg unter stetem Umrühren mit dem fünften Gewichtsteil Leinölfirnis und setzt der Mischung 15 Teile Vaseline zu. Das erhaltene Gemisch wird warm aufgetragen.

Für Drahtseile erhält man eine gute Schmiere durch Zusammenschmelzen von je 10 Teilen Teer und Brauerpech mit je 2 1/2 Teilen Talg und Kolophonium. Auch die nachstehend angegebene Graphit-Talgschmiere ist hier brauchbar.

Zahnradschmiere: Für Eisen auf Eisen verrührt man 1 Teil Graphit mit 4 Teilen Talg in Tropföl. — Oder man versetzt Talg oder ein Fett von ähnlicher Konsistenz mit 5 % seines Gewichtes an fein gemahlenem und geschlämmtem Glasmehl.

Für Holz auf Eisen benutzt man eine Mischung von 1 Teil Graphit, 2 Teilen Wachs, 1/2—1 Teil Talg oder von 1 Teil Graphit, 1 Teil Schmierseife, 5 Teilen Wachs und 10 Teilen Talg — oder 1 Teil rohes Leinöl, 1/2 Teil Graphit und 2 Teile Wachs.

Die Gemische werden warm aufgetragen. Ferner eignet sich für Holz auf Eisen eine Mischung von 50 Gewichtsteilen Talg, 25 Teilen Wachs, 5 Teilen grüner Seife und 5 Teilen Wasserblei zusammengekocht.

Hahnschmiere: Man zerstückelt alte Gummidichtungen gut und bringt sie mit Talg zusammen zum Schmelzen, wobei man natürlich vorsichtig sein

muß, daß sie nicht verbrennen. Das Gemisch ist zu filtrieren und bildet beim Erkalten eine speckige Masse, mit der man das Küken einschmiert. — Auch eine Mischung aus gleichen Teilen Graphit und Talg ist als Hahnschmiere gut geeignet.

Fahrradkettenschmiere besteht aus 25 Teilen Graphit, 50 Teilen Talg, 24 Teilen Vaselineöl und 6 Teilen Zeresin.

Selbstschmierendes Metall. Nach dem D. R. P. 164639 von Boudreaux wird durch Niederschlagen von Zinkdämpfen gewonnenes Zinkpulver mit einem Schmierstoff gemischt und unter Druck zu festen Formen gepreßt. Statt des Zinkpulvers kann man auch durch Reduktion von Kupferoxyd oder Kupfersalzen gewonnenes oder auf elektrolytischem Wege erzeugtes poriges Kupfer verwenden.

IV. Prüfung der Schmiermittel.

1. Allgemeines.

Wie bereits aus dem Vorhergegangenen sich ergibt, sind für die Beurteilung von Schmiermitteln folgende Faktoren von Einfluß:

1. die Viskosität oder der Flüssigkeitsgrad (Zähflüssigkeit);
2. das Verhalten in der Wärme oder der Flammpunkt (bzw. der Brennpunkt);
3. das Verhalten in der Kälte oder der Erstarrungspunkt (Stockpunkt);
4. die Beständigkeit an der Luft;
5. die Reinheit bzw. die Zusammensetzung;
6. das chemische Verhalten gegenüber den geschmierten Flächen;

7. die innere Reibung, d. i. der Arbeitsverbrauch im Öl selbst;
8. der Schmierwert.

Die unter 1 bis 4 genannten Faktoren sind physikalischer Art, ihrer Feststellung dienen Untersuchungsmethoden, die wir als „Physikalische Prüfung“ klassifizieren können. Die Faktoren 5 und 6 sind rein chemischer Natur, ihre Bestimmung gehört also in das Gebiet der „Chemischen Prüfung“. Die Faktoren 7 und 8 stehen gegenseitig sowie mit den übrigen Faktoren in bestimmten, aber nicht zahlenmäßig bestimmbaren Beziehungen, sie sind für die technische Verwendung der Schmiermittel am wichtigsten und ihre Bestimmung kann lediglich auf technischem Wege, für Faktor 7 durch Ölprüfemaschinen und für Faktor 8 nur durch Prüfung im praktischen Betrieb, erfolgen. Wir wollen daher in Übereinstimmung mit Professor Kirsch (siehe Mitteilung des K. K. Technologischen Gewerbe-Museums in Wien, 1906, Heft I) die Bestimmung dieser beiden Faktoren als „Technische Prüfung“ bezeichnen. Letztere ist die Prüfung, welche den Konsumenten des Schmiermittels, nachdem er vom Fabrikanten die unter die physikalische und chemische Prüfung fallenden Faktoren erhalten oder selbst bestimmt hat und danach verschiedene Schmiermittel von verschiedenen Fabrikanten unter Berücksichtigung der auf Seite 62 bis 96 gemachten Angaben ins Auge gefaßt hat, in die Lage versetzt, selbst eine engere Auswahl und von dieser wieder das zweckmäßigste Schmiermittel für seine Betriebsverhältnisse zu ermitteln.

Auf Grund dieser Einteilung seien nachstehend die einzelnen Untersuchungsmethoden besprochen und zwar unter Voransetzung der in erster Linie für Öle gültigen Verfahren, da diese die weitaus größte Verwendung haben.

a) Physikalische Prüfung.

1. Viskosität.

Die Viskosität oder der Flüssigkeitsgrad eines Öles wird nie absolut gemessen, sondern stets als Vergleichszahl angegeben in Bezug auf ein anderes als Einheit festgesetztes Medium. Als solches wählt man in den meisten Fällen Wasser oder aber Rüböl, selbstverständlich unter Zugrundelegung einer Normaltemperatur, da eine Verschiedenheit der Temperatur verschiedene Flüssigkeitsgrade bedingt. Da eine Flüssigkeit aus einem engen Röhrchen umso langsamer ausläuft, je zähflüssiger sie ist, benutzt man zur Bestimmung der Viskosität die Ausflußgeschwindigkeit aus engen Röhren und setzt dabei diejenige von Wasser = 1.

Die zur Bestimmung der Viskosität dienenden Apparate, die Viskosimeter, bestehen im allgemeinen aus einem Gefäß mit angesetztem, verschließbarem, engem Ausflußrohr, das zur Aufnahme der zu vergleichenden Medien (Öl und Wasser) dient und mit einem Wärmespeicher (Wasserbad) umgeben ist, um seinem Inhalt eine gleichmäßige Temperatur zu erhalten. Die Bestimmung der Viskosität erstreckt sich dabei auf den Vergleich der Ausflußzeiten der Medien, wobei als Einheit das Verhältnis gleicher Volumina der untersuchten Öle und Wasser oder Rüböl bei gleichen Temperaturen genommen wird. Man erhält damit als Maß für die Zähigkeit lediglich die relative Ausflußzeit aus diesen Viskosimetern. Für die Ermittelung der eigentlichen die Reibungskonstante bildenden sogen. „spezifischen Zähflüssigkeit“ wäre die Bestimmung der Ausflußgeschwindigkeiten aus Kapillarröhren erforderlich, für die nach dem Gesetz von Poisseuille ganz bestimmte Grenzwerte zwischen Radius und Länge des Ausflußrohres

gelten. Derartige Grenzwerte lassen sich wohl bei den Apparaten technisch einhalten, ergeben jedoch so vielerlei Schwierigkeiten, daß die Apparate und deren Benutzung äußerst kompliziert würde und nur in Händen geschulter Physiker aussichtsvolle aber sehr zeitraubende Ermittelungen zulassen. Es würde zu weit führen, hier auf eine Begründung näher einzugehen, es sei daher auf Spezialwerke wie z. B. Ubbelohde: Theorie der Reibung, Verlag S. Hirzel in Leipzig, 1907, verwiesen. Für die Praxis lassen sich solche Apparate nicht bauen, es darf z. B. der Ausfluß keineswegs aus einer Kapillarröhre erfolgen, da dicke Öle darin stecken bleiben oder äußerst langsam laufen würden. Sobald wir aber von der Kapillarröhre abweichen, verliert das eine Gleichmäßigkeit gewährleistende Gesetz von Poisseuille seine Gültigkeit und je nach Länge und Durchmesser der Ausflußröhre werden die Ausflußzeiten verschieden. Daraus, und da ferner noch andere mechanische durch die Konstruktion bedingte Einflüsse auf die Ausflußzeiten einwirken, wie z. B. die Art und Weise in der Erhaltung der gleichmäßigen Temperatur, folgt, daß man die Zähflüssigkeiten verschiedener Öle nur dann mit einander vergleichen darf, wenn sie mit Apparaten gleicher Konstruktion bestimmt worden sind. Mit anderen Worten ergibt dieselbe Ölsorte verschiedene Zahlenwerte für die Zähflüssigkeit, wenn letztere mit Viskosimetern verschiedener Systeme bestimmt wurde. Es ist also dringend notwendig, bei der Bekanntmachung von Zähflüssigkeitszahlen sich zu vergewissern, mit welchem Viskosimeter die Bestimmung erfolgte.

Natürlich wäre es von größter Wichtigkeit, einen Zähigkeitsfaktor zu haben, dessen Zahlenangaben unabhängig von dem Viskosimetersystem sind. Denn wenn auch heute in Deutschland

ziemlich einheitlich ein einziges Viskosimeter, das Engler'sche, eingeführt ist, so haben doch andere Länder wieder ihre eigenen Systeme, z. B. England das von Redwood, Amerika das Saybolt'sche usw. Diese Viskosimeter ergeben für dasselbe Öl verschiedene Zähflüssigkeitszahlen, d. h. relative Auslaufzeiten im Vergleich zu Wasser, die untereinander nicht vergleichbar sind und sich auch nicht auf eine bestimmte Norm zum Vergleich umrechnen lassen. Diese Verschiedenheit bedingt nicht nur gegenseitige Unbrauchbarkeit der Zahlenangaben wissenschaftlicher Arbeiten, sondern zwingt auch größere Ölexportfirmen, sämtliche Viskosimeter nebeneinander zu benutzen. Man ist daher schon der Frage der Aufstellung von Überführungsformeln näher getreten, nach denen man die Angaben der verschiedenen Systeme umrechnen kann. Allein dieser Weg befindet sich noch im Entwicklungsstadium, praktische Resultate liegen noch nicht vor und wir müssen uns daher an dieser Stelle mit einem Hinweis darauf begnügen in der Hoffnung, daß es uns in einer späteren Auflage dieses Buches vergönnt sei, eine brauchbare Umrechnungsmethode bekannt zu geben.

Wie bereits bemerkt, ist in Deutschland fast einheitlich eingeführt das Viskosimeter von Engler. Eine zweckmäßige Ausführung desselben ist in Figur 2 dargestellt, wie sie z. B. Sommer & Runge, Berlin SW bauen. Das Innengefäß A dient zur Aufnahme des Wassers bzw. des zu untersuchenden Öles. Es ist durch einen Deckel c geschlossen, der durch eine 14 mm hohe abgeschlossene Luftschicht die Wärmeausstrahlung nach oben verhindert. An den konischen Boden schließt sich das Ausflußröhrchen an, während sich an der unteren Wand des Deckels eine Vorrichtung F befindet, mit welcher der Verschlußstift des Ausflußröhrchens

nach dem Öffnen des Ausflußröhrchens durch einfaches Drehen eingehängt wird, so daß der Versuch nicht gestört werden kann durch Herabfallen des Stiftes. Das Gefäß A wird vom Heizbadgefäß B derart umgeben, daß das Heizbad das Innengefäß bis zur Höhe des in die Erweiterung des Innengefäßes eingesenkten Deckels umspült. Auf diese

Fig. 2: Englers Viskosimeter.

Weise ist das Innengefäß vor seitlicher Ausstrahlung geschützt. Im Heizbad B ist ein Rührer D mit Handhabe E angeordnet, der die Flüssigkeit im Heizbad auch unter dem Boden des Viskosimetergefäßes gut durchzurühren gestattet und auf diese Weise die Temperatur gleichmäßig hoch hält. Der Deckel des Gefäßes A ist außerdem durchbohrt zur Aufnahme eines Thermometers Die Erwärmung des Heizbades erfolgt entweder durch einen Gasheizring (Blaubrenner) oder durch einen Spiritusringbrenner. Der ganze Apparat steht auf einem Dreifuß und unter dem Ausflußröhrchen steht

der Maßkolben, der bei 200 ccm und bei 240 ccm je eine Marke hat und dessen Hals eine Ausbauchung hat, damit er nicht zu lang wird und dadurch die Genauigkeit des Versuches beeinträchtigen würde infolge eines zu langen Ausflußstrahles.

Für die Prüfungsbestimmungen für Zähflüssigkeitsmesser nach Engler sind vor Kurzem folgende Normen aufgestellt worden:

Gemäß einer Vereinbarung zwischen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Charlottenburg, dem Königlich Preußischen Materialprüfungsamt in Groß-Lichterfelde-West und der Großherzoglich Badischen Prüfungs- und Versuchsanstalt in Karlsruhe gelten für die Prüfung von Engler'schen Zähigkeitsmessern vom 1. April 1907 ab die nachfolgenden Bestimmungen:

Die Prüfung der Apparate erstreckt sich

1. auf die Abmessungen,
2. auf die Bestimmung der Ausflußzeit mit Wasser (Wasserwert.)

Fig. 3: Eichung des Englerschen Viskosimeters.

1. Abmessungen und deren Fehlergrenzen.

a) Für das innen vergoldete Gefäß G:

Weite (innerer Durchmesser) .	106 mm ± 1,0 mm
Höhe des zylindrischen Teils unterhalb der Markenspitzen m	25 mm ± 1,0 mm

Höhe der Markenspitzen über der unteren Röhrchenmündung .	52 mm ± 0,5 mm

b) Für das Ausflußröhrchen A:

Länge	20 mm ± 0,10 mm
Weite (innerer Durchmesser)	
oben	2,90 mm ± 0,02 mm
unten	2,80 mm ± 0,02 mm
Der aus dem äußern Gefäß unten hervorragende Teil des Röhrchens . . . . . Höhe	3,0 mm ± 0,3 mm
Breite	4,5 mm ± 0,2 mm

Das Ausflußröhrchen kann entweder ganz aus Platin hergestellt oder bloß mit einer genügend starken Platineinlage versehen sein. Die Innenwand des Röhrchens muß glatt und darf nicht wellig sein.

2. Bestimmung der Ausflußzeit mit Wasser (Wasserwert).

Die Bestimmung des Wasserwerts geschieht durch Ermittlung der Zeitdauer, welche 200 ccm destilliertes Wasser von 20° C gebrauchen, um aus dem bis zu den Markenspitzen gefüllten Gefäß auszufließen.

Zu diesem Behufe wird das innere Gefäß und das Ausflußröhrchen mit Aethyläther oder Petroläther, dann wiederholt mit Weingeist und zuletzt mit destilliertem Wasser sorgfältig ausgewaschen.

Hierauf wird der Zähigkeitsmesser so aufgestellt, daß die drei Markenspitzen in einer Horizontalebene liegen. Sodann wird ein Verschlußstift eingesetzt, der nur zur Prüfung des Apparats mit Wasser dient und vorher nie mit Öl in Berührung gekommen sein darf. Man füllt den Meßkolben bis nahe an den Rand mit destilliertem Wasser von 20° und gießt es in das innere Gefäß, welches dadurch bis etwas über die Markenspitzen

gefüllt wird. Mittels des äußern Wasserbades hält man die Temperatur des Wassers im innern Gefäß auf 20°. Alsdann füllt man durch wiederholtes Lüften des Verschlußstiftes das Ausflußröhrchen ganz mit Wasser und benetzt die Fläche der unteren Mündung gehörig, so daß ein Tropfen hängen bleibt, der die ganze Fläche bedeckt. Um den Wasserstand auf die Markenspitze genau einzustellen, wird der Wasserüberschuß mittels einer kleinen Pipette bis zu den Markenspitzen abgesaugt. Nachdem der Apparat so zur Messung vorbereitet ist, zieht man den Verschlußstift ganz heraus und beobachtet mit einer Sekundenuhr oder einem Chronographen bei völlig ruhiger Wasseroberfläche die Anzahl Sekunden, welche vergehen, bis der Meßkolben genau bis zur Marke 200 ccm gefüllt ist. Der Versuch wird mehrfach wiederholt. Sobald drei höchstens 0,5 Sekunden voneinander abweichende Ergebnisse vorliegen und die Werte nicht fortschreitend abnehmen, gilt die erste Versuchsreihe als beendet. Hierauf erfolgt nochmalige Reinigung des Apparates und Wiederholung der Versuchsreihe. Ergibt sich nun Übereinstimmung mit den Ergebnissen der ersten Reihe, so ist von weiteren Versuchen Abstand zu nehmen, andernfalls sind sie bis zur Erzielung konstanter Ausflußzeiten fortzusetzen. Aus den sechs Werten der letzten beiden Versuchsreihen wird der mittlere Wert für die Ausflußzeit des Wassers gebildet und auf 0,2 Sekunden abgerundet im Prüfungsschein angegeben. Bei richtig gebauten Apparaten liegt die Ausflußzeit zwischen 50 und 52 Sekunden.

Genaue Bestimmungen müssen in einem Arbeitsraum von nahezu 20° ausgeführt werden.

Die zum Apparat gehörigen Thermometer müssen nach den Prüfungsbestimmungen für Thermometer vom 25. Januar 1898 (Zentralblatt für das

Deutsche Reich, Nr. 6, vom 11. Februar 1898) geprüft sein. Als Meßkolben sind nach den Eichvorschriften für chemische Meßgeräte vom 2. August 1904 (Mitteilungen der Kaiserlichen Normal-Eichungs-Kommission, 2. Reihe, Nr. 17, vom 10. August 1904) auf Ausguß geeichte Kolben zu verwenden. Die Meßkolben sollen nur eine Marke von 200 ccm haben, der Gesamtinhalt soll mindestens 260 ccm bei geeigneter Höhe (höchstens 23 cm) betragen. Vor jedesmaligem Gebrauch lässt man sie eine Minute austropfen.

3. *Prüfungsbescheinigung und Gebühren.*

Die Zähigkeitsmesser, welche bei der Prüfung den vorstehenden Bestimmungen entsprechen, erhalten als Kennzeichen der vollzogenen Prüfung auf dem Mantel des äußeren und des inneren Gefäßes sowie auf dem Deckel seitens der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

PTR, Reichsadler und Jahreszahl,

seitens der Großherzoglich Badischen Prüfungs- und Versuchsanstalt

XX und laufende Nummer.

Außerdem erhalten sie einen Prüfungsschein, in dem die Prüfungsergebnisse bezüglich der unter 1) angegebenen Abmessungen und der nach 2) bestimmten Ausflußzeit verzeichnet sind.

Die Gebühren für die Prüfung eines Zähigkeitsmessers (Bestimmung der Abmessungen und der Ausflußzeit) betragen Mk. 5.—.

Die Gebühren für die Prüfung der beigegebenen Thermometer berechnen sich nach den Prüfungsbestimmungen für Thermometer vom 25. Januar 1889, diejenigen für den Meßkolben nach den oben angegebenen Eichvorschriften.

Die Gebühren betragen

für ein Thermometer bis +50° C .	Mk.	0,60
„ „ „ „ +200° C .	„	1,30
„ „ „ „ +300° C .	„	2,20
„ einen Meßkolben mit Marke bei 200 ccm und Gesamtinhalt von mindestens 260 ccm	„	0,40

Charlottenburg, den 1. April 1907.

Die Bestimmung der Viskosität eines Öles mit obigem Apparat gestaltet sich nun folgendermaßen:

Zunächst wird Gefäß A und Ausflußröhrchen nach oben beschriebener Weise gereinigt und durch Ausspülen mit Aethyläther oder Petroläther getrocknet und hierauf mit dem zu prüfenden Öl gut ausgespült. Dann füllt man ihn bis zu der daran angebrachten Niveaumarke mit dem zu untersuchenden Öl und füllt das Heizbad mit Mineralöl, zündet die Flamme an und bringt die Temperatur des Prüföls auf die gewünschte Höhe. Die Bestimmung der Auslaufzeit erfolgt genau wie oben für Wasser beschrieben. Dividiert man die dabei erhaltene Zahl durch den Wasserwert, so erhält man den Viskositätsgrad, bezogen auf Wasser = 1 bei der entsprechenden Temperatur. Nimmt man statt Wasser Rüböl, so erhält man in gleicher Weise die Viskosität bezogen auf Rüböl. Die Temperaturen, für die man die Viskosität bestimmt, sind nach Belieben verschieden, in der Regel ist im Handel die Viskosität für 20° C oder 50° C oder 100° C angegeben.

Enthält das Öl suspendierte Teile oder Wasser, so ist es natürlich zweckmäßig, es vorher durch ein trocknes Filter zu schicken, obwohl nach den Untersuchungen von Charitschkow (Westnik shirow prom. 1907. Band 8, Seite 60) ein Gehalt von 3—4% Wasser in dicken zähen Flüssigkeiten die Viskositätsbestimmung im Englerschen Apparat nicht ändert.

R. Hackel ist der Ansicht, daß beim Engler'schen Apparat in der Einstellung und Erhaltung des gewünschte Wärmegrades durch Erhitzen des Ölbades mittelsdes Ringbrenners eine Ungenauigkeit liegt und zwar besonders bei höheren Temperaturen. In dem einen Gefäß mit unterstelltem Bunsenbrenner hat man stets warmes, in dem anderen Gefäß, in welches eine von kaltem Wasser durchflossene Kühlschlange eingesenkt ist, immer kaltes Öl zur Verfügung. Wenn man nun außerdem den äußeren, ringförmigen Gefäßraum des Viskosimeters, welcher für das Heizbad dient, mit einem Auslaufhahne versieht, so bildet ein richtiges Einstellen bzw. Einhalten der gewünschten Temperatur keinerlei Schwierigkeit. Man hat dann nur nötig, je nach Bedarf durch wechselweises Öffnen der verschiedenen drei Hähne warmes oder kaltes Öl in das Bad einlaufen bzw. das im Heizbad befindliche bereits zu sehr abgekühlte oder zu heiße Öl abfließen zu lassen. Außerdem ist bei dieser Konstruktion das Heizbad und somit auch der unbewegliche daran befestigte Ölbehälter durch drei Federn mit dem als Träger des Apparates dienenden Dreifuß verbunden.

Die mit dieser neuen Konstruktion erzielten Resultate sind in den „Mitteilungen des K. K. Technol. Gewerbe-Museums 1905 Heft I" veröffentlicht, doch ist es mit der vom Konstrukteur angeführten Schwierigkeit bei der Temperaturerhaltung im Englerschen Apparat keineswegs so ungünstig, was auch Dr. Ubbelohde in seinem Artikel: „Ehrenrettung des Kranzbrenners des Englerschen Schmierölviskosimeters" in der Chemiker-Zeitung 1907 Seite 28 nachgewiesen hat.

Ein von der Englerschen Konstruktion abgeleitetes Viskosimeter ist das von A. Martens vom Königl. Materialprüfungsamt zu Berlin — Groß-Lichter-

felde. Das Schema des einfachen Apparates ist aus Figur 4 ersichtlich. Das Viskosimetergefäß A befindet sich dabei, auf einem Dreifuß montiert, in einem Luftbad B, dessen hintere Wand C aus Glas besteht und fest ist, während die gegenüberliegende vordere Glasscheibe beweglich ist. Der Luftbadkasten B ist doppelwandig mit dem Zwischenraum Z und außen herum läuft seitlich ein Mantelraum E, der durch den Ringbrenner F geheizt wird. Thermometer 1 und 2 zeigen die bezüglichen Temperaturen an, während ein Rührer G die gleichmäßige Verteilung der Wärme bewirkt. Der Stöpsel des

Fig. 4.: Viskosimeter nach Martens.

Ausflußröhrchens hat eine durch den durchbohrten Deckel gehende Stange J zur einfachen Handhabung. Die bewegliche Glasscheibe in Verbindung mit dem Regulierhahn der Gaszufuhrleitung ermöglicht eine einfache Regulierung der Wärme des Luftbades. Letzteres hat gegenüber dem Ölbad den Vorteil der leichteren Reinigung des Apparates.

Für gleichzeitige Flüssigkeitsgradbestimmungen hat sich das vierfache Viskosimeter nach Martens bewährt, bei dem vier Engler-Ausflußgefäße

in einem großen Wasserbad mit Rührer vereinigt sind. Die Anordnung des von Sommer & Runge in Berlin gebauten Apparates ist aus Figur 5 ersichtlich.

Eine weitere Abänderung des Englerschen Apparates ist das Viskosimeter von C. Engler & A. Künkler, bei dem ähnlich wie bei dem einfachen

Fig. 5: Vierfaches Viskosimeter nach Martens.

Martensschen Apparat ein Luftbad benutzt ist. Man sucht dadurch gegenüber dem Ölbad des Englerschen Apparates zu erreichen, daß namentlich bei der Bestimmung des Flüssigkeitsgrades bei höheren Temperaturen das Öl die Temperatur während des Auslaufs besser konstant behält und die Spitze des Auslaufröhrchens sich nicht zu sehr abkühlt.

Ein ganz einfacher Apparat ist der von Dr. Lepenau konstruierte und von Sommer & Runge

gemäß Figur 6 gebaute Leptometer, das den unmittelbaren Vergleich der Viskosität des zu prüfenden Öles mit irgend einem Normalöl gestattet. Die zu vergleichenden Öle kommen in Behälter B, die in dem Wasserbad A stehen und durch Hähne C mit auswechselbaren Ausflußröhrchen r von beliebigem, der Konsistenz des Öles anpaßbarem Durchmesser in Verbindung stehen. Die Hähne C sind Dreiweghähne, durch deren Umstellung man nach dem Versuch die Öle aus B rasch durch die Ausflüsse E ablassen kann. h ist ein Hahn zum Ablassen des Wasserbades, D sind Röhren zum Entweichen von Luftblasen. Die Wirkungsweise des mit den üblichen Thermometern ausgestatteten Apparates ergibt sich ohne weiteres, indem man ein Gefäß B mit dem Normalmalöl, das andere mit dem zu prüfenden Öl füllt, erwärmt und auslaufen läßt. Nach Maßgabe der Temperatur und der Anzahl der Tropfen in der Zeiteinheit erhält man eine direkte Vergleichsangabe. Der Apparat ist für Ermittelungen bei gewöhnlicher Temperatur ganz praktisch, bei höheren Temperaturen jedoch hat er den Nachteil, daß die Ausflußröhrchen außerhalb der Wärme liegen und die infolgedessen eintretende Abkühlung leicht Ungenauigkeiten bedingt.

Fig. 6: Leptometer.

Von deutschen Apparaten sind weiterhin noch zu nennen, das Viskosimeter von Vogel, das als ältestes hauptsächlich historisches Interesse hat,

ferner die Konstruktion von Coleman, die der Vogelschen ähnlich ist und dem sich im Prinzip der Apparat von Fischer anschließt. Schließlich sei noch das Viskosimeter von Lamansky genannt, der ein durch Dampf geheiztes Wasserbad hat.

Fig. 7: Viskosimeter nach Coleman.

Von allen deutschen Apparaten hat der Englersche die weiteste Verbreitung, da er bei vielen Behörden und Industriellen eingeführt ist, z. B. auf sämtlichen Staatsbahnen Deutschlands, Rußlands und Österreichs, bei zollamtlichen Behörden usw. Vergleiche die Lieferungsvorschriften im Anhang des Buches.

Das Instrument von Coleman in seiner modernen Ausführung, die durch Figur 7 veranschaulicht wird, bildet eigentlich den Ausgangspunkt für das jetzt in England allgemein gebräuchliche und z. B. von

der Scotch Mineraloil Association angenommene Viskosimeter von Redwood, der durch Arbeiten mit dem erstgenannten Apparat die Anregung zu seiner Konstruktion fand. Coleman benutzte nämlich als Viskosimetergefäß den Behälter A (Figur 7), der

Fig. 8.: Viskosimeter nach Redwood.

vom Bad B umgeben ist. Letzteres wird durch Wasserdampf geheizt, der durch F überströmt aus dem Kolben E, in dem er erzeugt wird. Die ursprünglich in Glas ausgeführte Konstruktion erfuhr Verbesserungen durch W. H. Hatcher, Direktor der Belmont-Werke in Battersea-London, wonach der Apparat als Belmont-Viskosimeter bekannt wurde, sowie durch deren Chef-Chemiker Charles Rumble. Hierauf arbeitete Sir Boverton Redwood damit und gestaltete die Konstruktion nun zum be-

kannten Redwood-Viskosimeter aus, dessen Anordnung aus Figur 8 ersichtlich ist.

Es besteht aus dem Viskosimetergefäß A von 47 mm Durchmesser und 89 mm Tiefe und dem umgebenden Badbehälter B von 140 mm Durchmesser und 89 mm Tiefe. Letzterer hat das Abflußrohr a, sowie ein Heizrohr b. Der Ausfluß des inneren Gefäßes wird von dem mit einem 1,7 mm weiten Loch versehenen Achatstück c begrenzt, dessen Bohrung durch eine kleine an einem Draht befestigte Messingkugel geschlossen werden kann. Um den inneren Zylinder ist eine Hülse C mit vier als Rührwerk für das Wasserbad dienenden Flügeln angeordnet. Unter den Ausfluß kommt der Meßkolben zu stehen. Die Erwärmung des Wasserbads erfolgt durch den bei b eintretenden Dampf. Die mit diesem Apparat erhaltenen Viskositätszahlen drücken die Anzahl von Sekunden aus, die eine Ölmenge von 50 ccm bei 21° C braucht, um aus dem Gefäß A durch den Ausfluß in das unterzustellende Meßgefäß zu gelangen. Man kann damit sowohl verschiedene Öle mit einander als auch mit Wasser vergleichen.

In Amerika ist das von G. M. Saybolt kon truierte, in Figur 9 abgebildete Viskosimeter in Gebrauch und auch von der Standard Oil Company angenommen. Das Viskosimetergefäß A für das zu untersuchende Öl ist von einem Aufsatz B überragt und steht in einem Wasserbad E. Letzteres ist konzentrisch und oben geschlossen von einem Behälter F umgeben, derart, daß zwischen beiden ein ringförmiger, Luft enthaltender Zwischenraum entsteht. Die darin befindliche Luft wird durch einen Ringbrenner G geheizt und erwärmt ihrerseits das Wasserbad in E, sodaß es bzw. das in A befindliche Öl durch diese Anordnung eine möglichst gleichmäßige Temperatur erhält. Das Ausflußröhrchen C

des Behälters A mündet in einer etwas weiteren und durch F hindurchgehenden Röhre H, die am unteren Ende durch einen Kork D verschlossen ist. Die Wirkungsweise ist aus der Abbildung ohne weiteres erklärlich, als Viskositätszahl gilt die Zahl von Sekunden, die verstreichen, bis bei der festgesetzten Temperatur soviel Öl aus dem Viskosi-

Fig. 9: Viskosimeter nach Saybolt.

metergefäß A ausgelaufen ist, daß die Meßflasche J bis zur Marke gefüllt ist. Das über A ragende Gefäß B dient lediglich dazu, eine genaue Füllung des Gefäßes A bis an den Rand zu ermöglichen, indem man so lange Öl eingibt, bis es nach B überläuft. —

Für sehr dickflüssige Öle, insbesondere für Gemische und Schmierfette, ersetzt man die Viskositätsbestimmung durch die ebenfalls der Ermittelung der Konsistenz dienende

Tropfpunktbestimmung.

Der Tropfpunkt wird quasi als Ersatz des Schmelzpunktes aufgefaßt bei Fetten und Gemischen, bei denen der Übergang des festen in den flüssigen Aggregatzustand nicht durch einen einfachen Grenzpunkt fixiert werden kann, sondern bei denen dieser Übergang sich über einen längeren Wärmebereich vom Erweichen über den tropfbaren Zustand bis zum klaren Schmelzen erstreckt. Dabei ist der Wärmegrad, bei dem das Erweichen beginnt oder jener des klaren Schmelzens nicht präzise bestimmbar und auch nicht charakteristisch für die einzelnen Teile bzw. den Hauptbestandteil des Gemisches. Man charakterisiert solche Gemenge oder Stoffe daher durch denjenigen Wärmegrad, bei dem die innere Reibung so gering wird, daß die Substanz tropft. Man bezeichnet die Bestimmung dieses Wärmegrades als Tropfpunktbestimmung, zu deren Ausführung verschiedene Verfahren zu Gebote stehen.

Eines der ältesten und in weiten Kreisen bekanntes Verfahren ist das von Pohl, wobei das zu untersuchende Gemisch auf den Glasteil eines Thermometers aufgetragen wird. Bei dickflüssigen oder breiigen Schmiermitteln läßt sich dies durch Eintauchen des Thermometers in die zu prüfende Masse machen, bei Starrfetten u. dgl. ist das Auftragen mittels eines Holzstäbchens vorzunehmen. Man bringt dann das Thermometer mit der daran haftenden Schmiermasse in ein Reagensglas mit durchbohrtem Kork und hängt letzteres in ein Wasserbad, das man langsam erhitzt. Dann muß in dem Augenblick, in welchem der erste am Ende des Thermometers sich bildende Tropfen abfällt, das Thermometer abgelesen werden, und der so ermittelte Wärmegrad wird als Tropfpunkt bezeichnet.

Daß diesem Verfahren für ganz präzise physikalische Bestimmungen zu wissenschaftlichen

Forschungen verschiedene Fehlerquellen anhaften, ist ohne weiteres verständlich. Diese sucht das Verfahren von Finkener zu verbessern, indem dabei der Tropfpunkt genauer definiert ist als der Wärmegrad, bei dem ein Tropfen des zu untersuchenden Schmiermittels von einem Glasstäbchen von 3 mm Durchmesser abfällt. Das Auftragen des Schmiermittels erfolgt wie beim Pohlschen Verfahren durch Eintauchen, jedoch wird dann das betreffende Glasstäbchen zweimal nacheinander, mit 3 Minuten Pause dazwischen, jedesmal 1 Sekunde lang 10 mm tief genau lotrecht in das im Wasserbad geschmolzene Schmiermittel eingetaucht und dann das Glasstäbchen in einem 3 cm weiten Reagensglas derart neben einem Thermometer aufgehängt, daß das Ende des Stäbchens sich in gleicher Höhe mit der Thermometerkugel befindet und daß beide von der Gefäßwand gleich weit entfernt sind. Das Ganze wird in ein Wasserbad gehängt, dessen Temperatur in jeder Minute um 1° C erhöht wird, und demgemäß wird der Tropfpunkt ermittelt.

Beide Verfahren haben jedoch Fehlerquellen, welche die Ermittelung des wahren Tropfpunkts wesentlich erschweren, wenn nicht unmöglich machen. Diese Verhältnisse hat Dr. Leo Ubbelohde in den „Mitteilungen aus dem Königl. Materialprüfungsamt, 1904 Heft 5“ ausführlich beleuchtet und einen Apparat zur Tropfpunktbestimmung konstruiert, der für die Praxis von hervorragendem Wert ist, da er die Tropfpunktbestimmung mit einer für praktische Fälle genügenden Genauigkeit ohne Anwendung von Korrekturen gestattet, während er durch Anwendung verhältnismäßig geringfügiger Korrekturen ermöglicht, auch für wissenschaftliche Untersuchungen die Bestimmung des wahren Tropfpunkts mit vollständiger Genauigkeit auszuführen.

Der von der Firma M. Richter, Berlin,

Johannesstr. 14 gebaute und in Figur 10 dargestellte Tropfpunktapparat Ubbelohde bildet eine Abänderung des Finkenerschen Verfahrens und wir folgen zu seiner Beschreibung den Ausführungen des Erfinders an obengenannter Stelle. Derselbe hat den Begriff des wahren Tropfpunkts neu eingeführt und bezeichnet ihn als den Wärmegrad, bei dem ein Tropfen unter seinem eigenen Gewicht von einer gleichmäßig erwärmten Masse des tropfenbildenden Stoffes abfällt, deren Menge oder Gewicht den Tropfen nicht beeinflußt. Der Apparat besteht aus einem guten Einschlußthermometer a, das mit der zylindrischen Metallhülse b fest verbunden ist; diese besitzt bei c eine kleine Öffnung. Der untere federnde Teil der Hülse b trägt die zylindrische oben glatt geschliffene Glashülse e. Letztere ist 10 mm lang, 7 mm weit und hat eine Öffnung von 3 mm Weite. Die Hülse e ist so eingepaßt, daß das Thermometergefäß in deren Achse fällt und überall gleichweit von deren Wandungen entfernt ist, während der obere Rand von e sich etwa 2 mm über dem oberen Rand des Thermometergefäßes befindet.

Für die Benutzung des Apparats wird das gläserne Gefäß e mit dem zu untersuchenden Schmiermittel genau gefüllt und die überschüssige Menge unten und oben glatt abgestrichen und der Apparat parallel seiner Achse eingeführt. Ist das Schmiermittel fest, so füllt man ihn in geschmolzenem Zustand mit einer Pipette ein und dann wird, noch

Fig. 10.: Tropfpunktapparat nach Ubbelohde.

ehe die Substanz ganz erstarrt ist, der Apparat von oben her aufgesteckt. Es ist darauf zu achten, daß das Ausflußgefäß so tief in die Metallhülse hineingreift, wie die drei Sperrstäbchen d gestatten. Der Apparat wird dann in einem etwa 4 cm weiten Reagensglas durch einen Kork befestigt und im Wasserbad wie beim Finkenerschen Verfahren erhitzt. Der Temperaturanstieg im Wasserbad wird gleichfalls festgestellt zur Berücksichtigung der oben genannten Korrekturen für genaue wissenschaftliche Messungen, auf die hier aber nicht weiter eingegangen werde. Kurz bevor der erste Tropfen abfällt, beginnt das erweichende Schmiermittel in Form einer gewölbten Fläche aus der unteren Öffnung herausgetreten. Dieser gut zu beobachtende Punkt ist als Beginn des Fließens niederzuschreiben. Die Geschwindigkeit des Heraustretens der Masse nimmt mit steigender Erhitzung zu, bis der Tropfen abfällt. Dieser Tropfen ist als Tropfpunkt anzugeben.

Besondere Bedeutung gewinnt nach Ausführungen des Erfinders der Apparat noch bei der Bestimmung der Tropfpunkte von solchen Gemischen, die einen oder mehrere, schon bei der Tropfpunktswärme flüchtige Bestandteile enthalten. Nach dem alten Verfahren konnte das Aufbringen des Stoffes in solchen Fällen natürlich nicht durch Eintauchen in die geschmolzene Masse bewirkt werden, da hierbei der flüchtige Anteil schon verdunsten würde. Wenn aber an Stelle dessen der Stoff mit einem Spatel aufgestrichen wird, so sind Ungleichmäßigkeiten beim Auftragen noch weniger zu vermeiden als beim Eintauchen in die geschmolzene Masse. Schon hierdurch leiden die Ergebnisse stark, noch mehr aber unter Umständen dadurch, daß während der notwendigen langsamen Wärmesteigerung der flüchtige Bestandteil leicht aus dem in dünner

Schicht ausgebreiteten Stoff abdunstet. Auf diese Weise wird also der Tropfpunkt eines Stoffes ermittelt, der nicht mehr der ursprüngliche ist. — Beide Fehler werden bei der Bestimmung mit dem Ubbelohdeschen Apparat vermieden; Verdunsten kann, da die zu prüfende Masse fast vollkommen eingeschlossen ist, nur an einer verhältnismäßig kleinen Oberfläche vor sich gehen, so daß die weitaus überwiegende Masse ihre Zusammensetzung nicht ändert.

Die Schmierfette (konsistente Fette) enthalten wechselnde Mengen Wasser und haben Tropfpunkte von 70—90° C und bisweilen darüber. Infolge dieser hohen Tropfpunkte liegen natürlich die Verhältnisse bezüglich Verdunsten von Wasser u. dgl. besonders ungünstig. Also ist auch gerade für solche Untersuchungen der Apparat von Ubbelohde von besonderem Vorteil.

Außer der Viskosität und dem Tropfpunkt zur Bestimmung der Konsistenz verwendet man auch besonders konstruierte

Konsistenzmesser

Hierzu dient u. a. der in Figur 11 dargestellte Konsistenzmesser System Weiß (D. R. P. 81265), der von Sommer & Runge, Berlin, gebaut wird. Mit diesem Apparat wird die Zahl der Umdrehungen einer Scheibe in dem zu untersuchenden Schmiermittel in bestimmter Zeit bei konstant bleibender Kraft festgestellt. In einem Metallgefäß, das 150 ccm des zu untersuchenden Schmiermittels faßt, dreht sich eine horizontale Metallscheibe von bestimmten Dimensionen, deren Achse mit einem Zählwerk und einem Pendel in Verbindung steht. Nachdem die Umdrehungen gleichmäßig geworden sind, wird das Zählwerk und das Pendel automatisch ausgelöst und nach 30 Sekunden selbsttätig arretiert. Hier-

nach liest man die Zahl der Umdrehungen auf einem Zifferblatt ab.

2. Flammpunkt.

Der Flammpunkt eines Öles ist jene Temperatur, bei der unter Verpuffen ein Entflammen der an der Oberfläche des Öles sich bildenden Dämpfe stattfindet, sobald sie mit der Flamme in Berührung kommen.

Fig. 11: Konsistenzmesser nach Weiß.

Die einfachste und heute noch viel in Gebrauch befindliche (z. B. bei den Preuß. Staatsbahnen) Methode der Flammpunktbestimmung ist diejenige im offenen Tiegel. Die einfachste Konstruktion eines solchen Apparates besteht darin, daß man in einem offenen Tiegel, z. B. einer Porzellanschale, das zu untersuchende Schmieröl erwärmt bis schwache Dampfentwicklung eintritt und dann mit einer kleinen Flamme dicht über der Öloberfläche hinfährt. In dem Augenblick, in welchem man ein Entflammen und

das leichte Geräusch des Verpuffens von Öldämpfen wahrnimmt, notiert man die Temperaturangabe des im Öle stehenden Thermometers und hat damit den Flammpunkt.

Vor kurzem hat nun Dr. J. Marcusson vom Königl. Materialprüfungsamt in Groß-Lichterfelde für diese Methode zwei äußerst praktische Apparate

Fig. 12: Flammpunktprüfer für Wagenöle nach Marcusson.

konstruiert, deren Anordnung in Figur 12 und 13 dargestellt ist und zu deren Beschreibung wir den Ausführungen von Dr. Marcusson gemäß den „Mitteilungen“ des genannten Amtes, Jahrgang 1906,

Heft 4, folgen. Danach ist die Bestimmung des Flamm- und Brennpunkts von Schmierölen im offenen Tiegel mit zwei wesentlichen Mängeln behaftet. Zunächst gibt das vorbeschriebene Führen

Fig. 13: Flammpunktprüfer für Maschinen- und Zylinderöle nach Marcusson.

der Zündflamme über die Öloberfläche mit der bloßen Hand Anlaß zu Ungenauigkeiten, da bei zu großer Annäherung der Zündflamme der Flammpunkt zu niedrig, bei zu geringer Annäherung zu hoch ermittelt wird. Ferner können geringe Schwankungen im Wärmeaufstieg infolge ungleich-

mäßiger Verdampfung des Öles schon erhebliche Fehler bedingen. Diese Mängel behebt Dr. Marcusson in sinnreicher Weise dadurch, daß er eine einfache mechanische Führung für das Zündrohr anwendet, Verbesserungen in der Erhitzung und sonstiger Art ohne wesentliche Komplizierung und Verteuerungen des Apparates anbringt. Die preußischen Staatsbahnen verwenden nun für die Flammpunktsbestimmung von Wagenölen nach Treumann einen Apparat mit halbkugelförmiger Schale zur Aufnahme des Sandbades bei vertikaler Eintauchung der Zündflamme in den offenen auf dem Sandbad stehenden Tiegel über das zu untersuchende Öl, für Maschinen- und Zylinderöle eine flache Sandbadschale mit horizontal über die Ölfläche geführter Zündflamme. An beiden Apparaten hat Dr. Marcusson seine Verbesserung angebracht und zwar stellt Figur 12 seinen Apparat zur Flammpunktsbestimmung von Wagenölen mit mechanischer Zündflammenführung dar, wie er von den Vereinigten Fabriken für Laboratoriumsbedarf, Berlin N, Chausseestrasse, gebaut wird. Die fest mit dem Dreifuß verbundene Schale a hat 1,5 cm vom Boden entfernt einen Einsatz b, der die Stellung des Tiegels c auf dem Sande genau festlegt. Seitlich am Rand der Schale ist ein kurzes Rohr d befestigt, in das ein Bolzen e genau eingepaßt ist. Das Rohr hat oben und unten in der Längsrichtung einen 3 cm langen Schlitz, in dem sich ein unten mit dem Bolzen e, oben mit dem Zündrohr f fest verbundener Stift g bewegt. Am linken Ende liegt der Schlitz rechtwinklig um, wodurch das Zurückfallen des Zündrohrs in die punktiert gezeichnete Ruhelage ermöglicht wird. Der Bolzen e ist am rechten Ende mit einem Holzgriff h zur Führung versehen. — Die Stellung des Zündrohrs ist so gewählt, daß sich die Spitze 2 mm über dem Tiegel-

ander befindet. Beim Erhitzen von Zimmerwärme auf ungefähr 153° C entsprechend dem mittleren Entflammungspunkt der meisten Wagenöle steigt das Öl im Tiegel um etwa 4 mm. Es befindet sich also nahe dem Entflammungspunkt nicht mehr 10, sondern nur noch etwa 6 mm vom Tiegelrande entfernt. Da die Flamme 10 mm lang ist, müßte die Lötrohrspitze theoretisch 6,5 mm vom Tiegelrande entfernt sein, wenn die Flammenspitze vorschriftsmäßig dem Öl auf 2—3 mm genähert werden soll. Erfahrungsgemäß wird aber die Flamme bei Annäherung an die heiße Öloberfläche durch die aufsteigenden Öldämpfe seitlich abgebogen. In Rücksicht hierauf darf, wie durch eingehende Versuche ermittelt wurde, die Lötrohrspitze vom Tiegelrande nur 2 mm entfernt sein, wenn der Vorschrift Genüge geleistet werden soll. Das Thermometer wird auf Vorschlag von Dr. Holde am Arm i durch Klemme n ohne besonderes Stativ festgehalten. — Zur Ausführung der Bestimmung dreht man zunächst Bolzen e mittels Griff b nach vorn, so daß das Zündrohr in horizontale Lage kommt, bewegt ihn in dem Schlitz einmal hin und zurück und läßt dann den Griff los. Das Zündrohr fällt von selbst in die punktierte Lage zurück. Durch die mechanische Führung ist die Entfernung vom Öl genau bestimmt, sowie der Weg, den das Zündrohr zu nehmen hat, genau festgelegt. Das Zündrohr nähert sich den inneren Tiegelwandungen nur bis auf etwa 10 mm, so daß zu frühes Aufflammen des Öles infolge Überhitzung an den Tiegelwandungen sicher vermieden wird.

Der in Figur 13 dargestellte Apparat zur Bestimmung des Flammpunkts von Maschinen- und Zylinderölen mit mechanischer Zündflammenführung gestattet die mechanische Führung noch einfacher als beim vorigen Apparat. Das Lötrohr f ist fest

mit einem Stifte verbunden, der in einer senkrechten Büchse drehbar ist. Die Verschiebung des Lötrohrs ist nur in der Ebene des Tiegelrandes, nicht

Fig. 14: Flammpunktprüfer Pensky-Martens.

nach oben oder unten möglich. Um stets gleichmäßige Führung der Zündflamme zu erreichen, ist es daher nur nötig, das hintere Ende des Lötrohrs nach links oder rechts zu drehen. Um die strahlende Wärme des Brenners vom Beobachter

und der mechanischen Führung abzuhalten, ist der Dreifuß oben teilweise mit Asbest umgeben. Hierdurch wird gleichzeitig leichtere Regelung des Wärmeanstiegs ermöglicht, da infolge Abhaltung von Zugluft die Flamme gleichmäßiger brennt. Die Stellung des Tiegels ist durch drei kleine auf dem Boden der Sandbadschale befindliche Erhöhungen bestimmt.

Die Erzielung zuverlässiger Werte bei Flammpunktsbestimmungen im Tiegel ist auch wesentlich von der Art des Wärmeaufstiegs abhängig, der 1—5° C in der Minute betragen soll. Um diese Grenzen leicht einhalten zu können, verwendet Dr. Marcusson bei seinen Apparaten einen mit Einteilung versehenen Regulierbrenner. Hat man mit einem solchen in einigen Fällen den Wärmeanstieg geregelt und dabei die einzelnen Einstellungen an der Einteilung vermerkt, so ist es leicht, bei späteren Bestimmungen an der gleichen Prüfungsstelle immer annähernd denselben Aufstieg zu erreichen.

Die Ermittelung im offenen Tiegel gibt allerdings noch den Mangel, daß der freie Zutritt der äußeren Luft, die stets etwas bewegt sein wird, zu der Öloberfläche keine gleichmäßige Ansammlung entflammbarer Dämpfe gestattet und infolgedessen keine absolut genauen Resultate erzielt werden. Zur Vermeidung dieses Übelstandes konstruierte als erster Pensky einen geschlossenen Apparat, der jedoch vielerlei Mängel aufwies, bis es Martens vom Königlichen Materialprüfungsamt gelang, praktische Verbesserungen daran zu treffen, womit der Apparat sich als Flammpunktprüfer System Pensky-Martens einbürgerte und in der Ausführungsform gemäß Figur 14 von der Firma Sommer & Runge in den Handel gebracht wird. Er besteht aus einem Gefäß e zur Aufnahme des

zu untersuchenden Öles. Die Durchbrechungen des Deckels dieses Gefäßes sind durch einen Drehschieber verdeckt, durch den Deckel ragt ein Thermometer und ein für das Bad dienender Rührer. Die langsame und gleichmäßige Erwärmung des Öls wird durch einen metallenen Heizkörper vermittelt, in den der Ölbehälter e eingesenkt wird und der gegen starke Ausstrahlung durch einen isolierenden Luftmantel l geschützt wird. Die Erwärmung erfolgt durch die Öffnung des Schiebers mittels Drehung eines Handgriffes G, wobei eine Zündflamme in die Hauptöffnung eingeführt bzw. der Oberfläche des Öles genähert wird. Man wiederholt diese Manipulation mit steigender Temperatur in bestimmten Intervallen und findet den Entflammungspunkt bei derjenigen Temperatur, bei welcher durch Öffnung des Schiebers eine kleine Explosion des im Raume über dem Öl befindlichen Gasgemenges eintritt. Da es vorkommt, daß dieses Zündflämmchen während der Prüfung verlischt, ist eine zweite Flamme (Stichflamme) angebracht, welche erstere sofort wieder entzündet. Die Ausführung der Flammpunktbestimmung gestaltet sich folgendermaßen:

Das Ölgefäß e wird mit dem auf Entflammbarkeit zu prüfenden Öl genau bis zur Füllmarke (eingedrehtem Rand) angefüllt. Hiernach wird der Deckel so auf dasselbe gesetzt, daß der vorragende Deckelfortsatz rechtwinklich zur Verbindungslinie der beiden am Topfrand befindlichen Haken steht, dann wird dieser ganze Einsatz mittelst der beigegebenen Gabel in den Heizkörper gebracht. (Hierbei sind Schwankungen möglichst zu vermeiden, damit die Gefäßwände oberhalb des Ölniveaus nicht benetzt werden.) Hierauf steckt man das Thermometer in die Hülse.

Der Heizkörper wird mittels der untergesetzten

Lampe erhitzt, und zwar kann die Erwärmung anfänglich rasch betrieben werden, bis das Thermometer ca. 20—30° unterhalb der zu erwartenden Entflammungstemperatur steht. Dann wird das bis dahin zur Seite gedrehte Drahtgitter über die Heizflamme gebracht und die letztere entsprechend verkleinert, so daß das Steigen des Thermometers nun in 30 Sekunden höchstens 2° beträgt. Will man noch genauere Angaben erzielen, so verlangsamt man das Steigen der Temperatur noch mehr.

Nach je 30 Sekunden wird jetzt die Zündvorrichtung in Tätigkeit gesetzt, d. h. der Schieber wird zur Seite gedreht, wodurch das Ölgefäß geöffnet und das Zündflämmchen, welches auf etwa Erbsengröße reguliert sein soll, in den Raum über dem Öl eingesenkt wird, indem man den Holzknopf (Handgriff G) oben am Apparat nach rechts dreht, bis man den Anschlag fühlt. In dieser Stellung beharre man ca. 1 Sekunde. Bei der Erwärmung des Öls benutzt man den Rührer mittels des Spiraldrahtes und Knopfs, indem man ihn durch zwei Finger dreht. Während des Eintauchens der Zündflamme unterläßt man das Rühren.

Diejenige Temperatur, bei welcher zuerst durch das Einsenken des Zündflämmchens eine plötzliche explosionsartige Verbrennung des in dem Raum über dem Öl enthaltenen Ölgases bewirkt wird, ist der Entflammungspunkt des betreffenden Öles. Da dieses Zündflämmchen bei der Explosion öfters verlischt, ist durch ein gebogenes Gaszuleitungsrohr ein Sicherheitsflämmchen angebracht.

Da ganz geringe Beimengungen leichterer Öle (Petroleum, Naphta usw.) den Entflammungspunkt bedeutend herabsetzen können, so ist der Apparat von solchen beim Gebrauch frei zu halten. Desgleichen ist das Gefäß völlig trocken zu halten, da Spuren von Wasser störende Dampfbildungen ver-

anlassen; es empfiehlt sich deshalb, vorher das zu prüfende Öl zu entwässern, am besten durch Schütteln mit Chlorkalzium und eintägiges Stehenlassen.

Bei Apparaten mit Gasheizung wird auch das Zündflämmchen mit Gas erzeugt. Wo Gas nicht zur Verfügung steht, wird das Zündflämmchen mit Rüböl oder Mineralöl gespeist. Die Regulierung der Flammengröße erfolgt in letzterem Fall durch Verschiebung des Dochtes in seiner Hülse. Bei Gasbenutzung ist das Lämpchen behufs Regulierung mit einer Ventilschraube versehen.

Um den Apparat, namentlich den Drehschieber, leicht reinigen zu können, läßt sich dieser leicht abheben, wenn man den Holzknopf so weit hebt, daß der Stift unten am Mitnehmerhebel außer Eingriff mit dem Drehschieber kommt.

Die Bestimmung des Flammpunktes wird allerdings durch ganz geringe Mengen im Öl enthaltenen Wassers unsicher gemacht, und schon 1 % Wasser verhindert sie, da die Wasserdämpfe die Zündflamme auslöschen. Sehr fein verteiltes Wasser in Mineralölen ist aber durch Absetzen oder Erhitzen nur schwierig zu entfernen. Ist jedoch der Flammpunkt hoch, z. B. 150 ° C, so kann man das Wasser dadurch beseitigen, daß man leicht siedendes Benzin oder Petroleumäther vom Siedepunkt 70 ° C hinzufügt. Hierbei trennt sich das Wasser ab und kann durch Filtration über Papier oder Watte entfernt werden. Verdünnt man aber noch stärker, so kann mit geschmolzenem Chlorkalzium entwässert werden. Unterläßt man das Verdünnen von dickem und zähem Öl, so schwimmt das Chlorkalzium oben und nimmt kein Wasser auf, ja es kann sogar selbst Wasser verlieren; letzteres hat man z. B. bei Goudron und Masut beobachtet. Das Verdünnungsmittel kann, ohne die Genauigkeit der Flammpunktsbestimmung zu beeinflussen, durch

Erwärmen auf 80—90° C und Durchblasen von Luft abgedampft werden. — Schwieriger gestaltet sich das Verfahren bei Bestimmung eines niedrigen Flammpunktes, z. B. bei schwerer Naphtha und Rückständen. Hier verfährt man am besten derart, daß das Wasser mit der Fraktion bei 160—180° C überdestilliert wird. Das Destillat wird gut gekühlt und im Scheidetrichter sorgfältig von Wasser getrennt und der trockene Anteil mit dem Rückstand zusammengegossen, worauf man den Flammpunkt bestimmt.

Im Anschluß an die Flammpunktbestimmungen der Öle sei kurz über die Schmelzpunktbestimmung der Fette berichtet. Man schmilzt das Fett und saugt es in ein Kapillarröhrchen auf. Hierin läßt man es erstarren und legt es damit in ein Wasserbad, das langsam erwärmt wird unter gleichzeitiger Beobachtung der Temperatur des Wasserbades. Sobald das Fett in dem Kapillarröhrchen soweit geschmolzen ist, daß es grade anfängt klar und durchsichtig zu sein, notiert man die zugehörige Temperatur des Wasserbades und hat damit den Schmelzpunkt.

Infolge des allmählichen Übergangs der Fette aus dem festen bzw. teigartigen in den flüssigen Aggregatzustand ist die Schmelzpunktbestimmung bei vielen Stoffen mit Ungenauigkeiten verknüpft und es ist daher die auf Seite 157 beschriebene Tropfpunktbestimmung empfehlenswerter.

3. Kältepunkt.

Die Ermittelung des Verhaltens von Schmierölen in der Kälte kann nach zwei Methoden erfolgen, nämlich durch:

Prüfung im U-Rohr nach Dr. Holde;
Prüfung im Reagensglase.

Die Prüfung nach Dr. Holde erfordert zwar zu ihrer Durchführung kostspieligere Apparate sowie mehr Zeit und Übung, ist aber unstreitig auch genauer. Die schematische Anordnung des Dr. Holdeschen Apparates ist aus Figur 15 ersichtlich. Das zu untersuchende Öl wird in ein Probiergläschen a von 6 mm lichter Weite mit ccm-Teilung gebracht; um die Entnahme mehrerer Proben gleichzeitig zu ermöglichen, sind an dem beweglichen

Fig. 15: Kälteprüfungsapparat nach Holde.

Halter b vier Ölprobiergläschen aufgehängt, von denen in der Abbildung zwei, nämlich a und a_1 sichtbar sind. Diese werden in ein Gefäß k gebracht, das mit einer bei —5 ° bzw. — 15 ° C gefrierenden Salzlösung gefüllt ist. Dieser Temperaturabfall wird erreicht, indem man Gefäß k in den mit einer Kälte mischung aus Eis und Viehsalz gefüllten Behälter l stellt.

Das in der Salzlösung stehende Thermometer m dient zur Beobachtung der Temperatur. Wesentlich ist nun, daß die Abkühlung bzw. Messung des Kältepunktes bei konstantem Druck erfolgt; dieser wird durch Wassersäule in folgender Weise erzeugt: In dem mit Wasser gefüllten Behälter f hängt ein umgekehrter Trichter g, dessen Rohr durch Schläuche und Glasröhrchen n mit einem Spannungsmeßrohr e in Verbindung steht. Letzteres hat Millimeterteilung und ist mit gefärbtem Wasser gefüllt. Sobald im Gefäß f Wasser eingegossen wird, zeigt sich die Pressung der im Trichter g eingeschlossenen Luft in dem Unterschied des Wassersäulenniveaus in den Schenkeln der U-Röhre e und kann dort an der Graduierung abgelesen werden. Vor Beginn des Versuches, d. h. bevor man das Ölprobierglas a mit dem Verbindungsschlauch c vereinigt, bringt man die Luftpressung auf 50 mm Wassersäule, durch entsprechendes Öffnen bzw. Schließen der Schlauchklemme o, die durch Rohr n mit dem Rohr e und durch d mit der Außenluft in Verbindung steht. Um dann, sobald das Ölprobierglas mit dem Schlauch c verbunden ist, eine vorzeitige Luftpressung auf das Öl beim Aufsetzen des Schlauches zu vermeiden, ist ein Luftauslaßschlauch mit einer Klemme e vorgesehen. Man ist also imstande, den Druck dauernd auf 50 mm Wassersäule zu halten. Nach Dr. Holde sollen die etwa 30 mm hoch mit dem zu untersuchenden Öl gefüllten Probiergläschen, sobald die Salzlösung den Gefrierpunkt erreicht hat, so weit in diese eingesenkt werden, daß das Ölniveau 10 mm unter der Oberfläche der Salzlösung liegt. Nach etwa einer Stunde wird Schlauch c des ordnungsmäßig in Betrieb gesetzten Druckapparates bei offener Klemme h auf das Probierglas a gebracht. Letzteres wird dabei so weit aus der Salzlösung gezogen, daß man die Ölkuppe sehen

kann und nach Schließen der Klemme h öffnet man dann die Klemme o. Hierauf beobachtet man, ob das Öl unter dem eintretenden Druck in einer Minute in dem Schenkel von a um 10 mm steigt. Nachdem die Klemmen o bzw. h wieder geschlossen bzw. geöffnet sind, wird Schlauch c abgelöst und es kann die Prüfung des folgenden Probierglases erfolgen. — Die Kältemischung in l besteht aus ein Teil Viehsalz und zwei Teilen zerkleinertem Eis, womit eine Temperatur von —15° C erreicht wird.

Der Apparat von Dr. Holde ist, wie bereits bemerkt, sehr genau und daher für wissenschaftliche Untersuchungen unbedingt vorzuziehen, für die Fälle der Praxis jedoch steht meist nicht die dabei erforderliche, kostspielige Zeit zur Verfügung und der Praktiker hat auch nicht nötig, derart hohe Anforderungen an die Genauigkeit zu stellen. Für ihn ist daher die bequemere, raschere und billigere Prüfung mit dem Reagensglas empfehlenswert. Der hierfür verwendete Apparat hat insbesondere von Rud. Hackel vom Museum in Wien eine äußerst praktische Gestalt erhalten und wir folgen in ihrer Beschreibung den vom Genannten in den Mitteilungen des K. K. Technologischen Gewerbe-Museums 1905 Heft I gemachten Ausführungen. Derselbe geht dabei von der absolut einwandfreien Forderung aus, daß die erste Bedingung, die man bei der Prüfung eines Schmiermittels für einen gegebenen Zweck stellen muß, die ist, daß die Verhältnisse, unter welchen diese Prüfung ausgeführt wird, möglichst der Wirklichkeit entsprechen. Schmieröle werden zumeist dann auf ihr Verhalten in der Kälte geprüft, wenn sie für die Verwendung im Winter und im Freien bestimmt sind, d. h. wenn sie während des Gebrauches einer langsamen bis zu einem erfahrungsgemäß anzunehmenden Minimum sinkenden Temperatur ausgesetzt sind. Es sollten daher solche

Untersuchungen in der Art ausgeführt werden, daß das zu prüfende Öl nur ganz allmählich abgekühlt wird und daß man die einzelnen Temperaturphasen entsprechend lange wirken läßt. Diesen Bedingungen würde eine Prüfung der Kältebeständigkeit am meisten entsprechen, wenn man das zur Erprobung bestimmte Öl nach und nach in die nachstehend von Hackel empfohlenen Salzlösungen bringt und mindestens eine Stunde lang beobachtet:

Zur Erzeugung einer Temperatur von ungefähr °C	Art des Salzes	Lösungsverhältnis, d. h. Zahl der Gewichtsteile Salz auf 100 Gewichtsteile Wasser
—3°	Kaliumnitrat	13,0
—5°	Kaliumnitr. u. Kochsalz	13,0 und 3,3
—9°	Chlorbaryum	35,8
—10°	Chlorkalium	22,5
—15°	Chlorammonium	25,0
—18°	Natriumnitrat	50,0
—21°	Chlornatrium	33,0

Die Salzlösung muß in einem Gefäß von wenigstens 100 mm lichter Weite zur Anwendung gebracht werden, da sonst ein zu rasches Erstarren der Salzlösung bei der dünnen Schicht zwischen Reagensglas und Gefäßwand stattfindet. Bei genauer Durchführung der Prüfung unter genauer Beobachtung der maßgebenden Veränderungen des Öles, d. i. Trübung, Eintritt der Zähflüssigkeit und Erstarren, erhält man ein der Wirklichkeit ziemlich nahekommendes Bild vom Verhalten des Öls in der Kälte. Allerdings dauert eine solche Untersuchung stundenlang und da die Lösungen die Temperatur ihres Gefrierpunktes nur solange halten, als noch nicht die ganze Masse erstarrt ist, müssen diese wechselweise aus der Salz-Eismischung heraus-

genommen bzw. wieder eingesetzt werden. Nach Hackel benutzte man daher vielfach die Ermittelung des **Stockpunkts**, um das Verhalten von Schmierölen in der Kälte zu untersuchen. Der Stockpunkt ist die Temperatur, bei der das Öl im Reagensglas unbeweglich geworden ist und aus dem umgestülpten Reagensglas selbst nach zwei Minuten nicht mehr ausfließt. — Zur Bestimmung des Stockpunktes füllt man das Reagensglas etwa 30 mm hoch mit dem zu prüfenden Schmieröl, in das man ein Thermometer bringt. Dann setzt man das Reagensglas in das Kühlgefäß, das mit grob zerstoßenem Eis und der Hälfte des Eisgewichts entsprechend mit Viehsalz gefüllt wird, wobei es ratsam ist, die ungefähre Temperatur des Stockens durch einen Vorversuch zu ermitteln. Sobald der oben definierte Stockpunkt des Öls eingetreten ist, liest man die Temperatur ab. — Dieser Vorgang entspricht natürlich nicht der Wirklichkeit, der Temperaturabfall des vorher etwa auf Zimmerwärme gewesenen und plötzlich in die Kälte gebrachten Öls findet zu rasch statt und daraus erklärt sich, daß das Ergebnis mit Fehlern behaftet sein muß. Die Methode der Stockpunktbestimmung ist also nur als Näherungsmethode zu benutzen in den Fällen, in denen es sich um möglichst rasche ungefähre Ermittelung des Verhaltens in Kälte handelt.

Der in Figur 16 dargestellte einfache Apparat von Hackel vermeidet nun diese Ungenauigkeiten, indem der Versuch damit folgendermaßen ausgeführt wird.

Das Gefäß A wird mit der Salz-Eismischung angefüllt. Hierbei bleibt Eisenrohr B und Beobachtungsschlitz C frei. Das Reagensglas n von etwa 20 mm lichter Weite wird 30 mm hoch mit dem zu untersuchenden Öl gefüllt und mit dem Kautschukstöpsel s, durch den das Thermometer t durchgesteckt ist, geschlossen. Dabei muß man darauf

achten, daß das Thermometer überall von der Wand gleich weit absteht. Sodann setzt man das Glas n mittels des Korkrings v in das weitere Reagensglas m von etwa 30 mm Durchmesser, so daß es auf allen Seiten gleichmäßig von einer etwa 4 mm starken Luftschicht umgeben ist. Hierauf wird das Reagensglas m in den federnden Träger l eingeklemmt und der bis dahin abgenommen gewesene Thermometerhalter k an d befestigt. Nunmehr wird die Klemmschraube g der Schieberhülse f gelockert und es werden beide Reagensgläser samt dem Thermometer in das Einsatzrohr B gebracht. Infolge der zwischen den beiden Reagensgläsern befindlichen Luftschicht erfolgt die Abkühlung des zu prüfenden Öls ziemlich langsam, also mehr der Wirklichkeit entsprechend. Bei dem von Zeit zu Zeit erfolgenden Ausheben und Steigen der Reagensgläser zur Beurteilung des Flüssigkeitsgrades ist erstens ein Berühren mit der Hand nicht nötig und zweitens bleibt das innere, das Probeöl enthaltende Reagensglas infolge der umgebenden abgekühlten Luftschichten in der Versuchstemperatur. Durch den Beobachtungsschlitz C ist es dem Experimentator möglich, das Thermometer und das zu prüfende Öl fortwährend im Auge zu behalten und den Augenblick des Stockpunktes genau festzulegen.

Fig. 16: Kälteprüfungsapparat nach Hackel.

4. Spezifisches Gewicht.

Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes mit der für die Praxis erforderlichen Genauigkeit erfolgt für Öle mittels Aräometers oder Densimeters bzw. Volumeters. Diese Apparate beruhen auf dem bekannten archimedischen Prinzip, wonach jeder in eine Flüssigkeit eingetauchte Körper in derselben einen Auftrieb erleidet gleich dem Gewichte der vom Körper verdrängten Flüssigkeitsmenge. Demgemäß tauchen entsprechend konstruierte Körper in verschiedenen Flüssigkeiten verschieden tief ein, je nachdem das Gewicht der verdrängten Flüssigkeitsmenge größer oder kleiner ist Die Aräometer bestehen, wie Figur 17 zeigt, aus einem zylindrischen Glashohlkörper A mit oben einer langen dünnen Röhre B und unten einer Kugel C, die mit Quecksilber oder Schrot gefüllt ist, damit der Apparat in der Flüssigkeit seine vertikale Stellung behält. Auf der langen Röhre ist eine Einteilung; der Punkt, bis zu welchem der Apparat in Wasser von 15° C taucht, wird als Nullpunkt markiert, je nachdem nun die Flüssigkeit leichter oder schwerer ist als Wasser, taucht das Aräometer tiefer oder weniger tief als die Marke ein. Um nun die Röhre nicht allzulang zu erhalten, hat man Aräometer konstruiert, die lediglich für Flüssigkeiten leichter als Wasser, also für Öle auch, benutzt werden und solche für schwerere Flüssigkeiten. Die Teilung auf der Glasröhre ist nun je nach dem Erfinder und Verwendungszweck verschieden. Am verbreitetsten und praktischsten sind die sogenannten Densimeter, bei denen man an der Skala auf der Röhre direkt die spezifischen Gewichte abliest. Da, wenn

B A C

Fig. 17: Aräometer.

das Gewicht der Volumeinheit Wasser als Gewichtseinheit gewählt wird, das Produkt aus dem Volumen v des untergetauchten Teiles des Aräometers und dem spezifischen Gewicht s des zu prüfenden Öls stets gleich dem Gewicht des Aräometers ist, d. h. $v . s = a$, so ist die Zunahme des aus der Flüssigkeit hervorragenden Rohrteiles der Abnahme des spezifischen Gewichts nicht einfach proportional, sondern die Teilstriche, die gleichen Unterschieden des spezifischen Gewichtes entsprechen, stehen unten näher beisammen als oben. Von den verschiedenen Densimeterarten sei das Densimeter von Stelling an erster Stelle genannt, auch als Stellingsche Ölwage bezeichnet. Es ist insbesondere geeignet für schwerere Öle von über 0,900 spezifischem Gewicht. Das Densimeter von Greiner enthält eine Einteilung für spezifische Gewichte von 0,600 bis 1,0. Das Densimeter von Greiner hat 4 Glasröhren mit verschiedenen Teilungen für verschieden schwere Öle und zwar gehen die Teilungen von 0,600—0,700 bzw. 0,700—0,800 bzw. 0,800—0,900 bzw. 0,900—1,0.

Da die Volumina der Körper sich mit der Temperatur ändern, ist letztere bei Bestimmung des spezifischen Gewichts mit den Densimetern zu berücksichtigen. Zur rechnerischen Berücksichtigung hat man den für die verschiedenen Körper bekannten Ausdehnungskoeffizienten heranzuziehen, es ergeben sich demgemäß Korrekturen, indem man, normal die spezifischen Gewichte auf 15° C beziehend, bei einer Temperatur des untersuchten Öls über 15° C die Korrekturwerte zu addieren, im anderen Falle von dem am Densimeter abgelesenen Gewicht zu subtrahieren hat. Zur einfachen Vornahme der Reduktion des mittels irgend eines Aräometers bestimmten spezifischen Gewichts auf die Normaltemperatur von 15° C gibt zwar Veith in seinem

Buch über das Erdöl eine Tabelle, doch sind für die Schmieröle die Korrektionswerte je nach der Art der Fraktion verschieden, man müßte selbst für die Aufstellung von Annäherungstabellen eine Reihe von Tabellen, nämlich mindestens für schwere, mittlere und leichte Öle berechnen. Dies hat seinen Grund darin, daß der Ausdehnungskoeffizient sowohl des Erdöls als auch der daraus gewonnenen Schmieröle bei verschiedenen Sorten verschiedene Werte zeigt. Dieser Ausdehnungskoeffizient ist für die Bestimmung des spezifischen Gewichtes maßgebend, da die Formel für die Umrechnung eines bei einer beliebigen Temperatur t ermittelten spezifischen Gewichtes d_t auf das spezifische Gewicht d_{15} für 15° C nach der Formel erfolgt: $d_{15} = d_t . [1 + \alpha . (t - 15)]$. Darin ist α der absolute Ausdehnungskoeffizient, der, wie bereits gesagt, sehr verschieden ist und mit zunehmender Dichte abnimmt. Die Grenzwerte des Ausdehnungskoeffizienten sind 0,00061 für die schweren und 0,00095 für die leichten Öle. Für die bei Schmiermitteln meist in Betracht kommenden Öle dürfte er zwischen 0,00064 und 0,0008 liegen. Runge gibt z. B. für α den Wert 0,00064 an, ein Wert, den man für Annäherungsrechnungen wohl in obiger Formel zugrunde legen kann.

Für die rasche Bestimmung des spezifischen Gewichtes sind natürlich in erster Linie die Densimeter zu empfehlen. Natürlich kann man auch andere Aräometer verwenden und sei daher, falls eventuell ein Leser gerade ein anderes Aräometer zur Hand hat und damit eine spezifische Gewichtsbestimmung für Öl ausführen will, einiges darüber erläutert. — Bei den von Gay-Lussac eingeführten Aräometern sind die Teilstriche auf der Glasröhre in gleichen Abständen angebracht, ausgehend von der Marke, bis zu der das Instrument in Wasser einsinkt. Bei dem genannten Gay-Lussacschen

Aräometer entspricht der Teil der Röhre zwischen je zwei Teilstrichen dem hundertsten Teil jenes Volumens des Aräometers, das im Wasser (vom spezifischen Gewicht 1,0) untergetaucht ist. Der Punkt, bis zu dem das Instrument in Wasser taucht, ist mit 100 bezeichnet und die Skala mit entsprechend von unten nach oben steigenden Zahlen versehen. Sinkt nun in einem Öl das Aräometer bis zur Marke n ein, so ist das spezifische Gewicht des betreffenden Öls $s = \frac{100}{n}$. Natürlich sind auch hier die oben angegebenen Korrektionen bezüglich der Reduktion des so erhaltenen spezifischen Gewichts auf eine Einheitstemperatur von z. B. 15 ^{0} C auszuführen, genau wie bei den Densimetern.

Da das von Gay-Lussac eingeführte System unmittelbar das Volumen benutzt, werden solche Aräometer als Volumeter bezeichnet und es bestehen deren verschiedene Systeme, die sich durch die Art der Einteilung der Skala unterscheiden. Während jedoch die Gay-Lussacsche Einteilung auf wissenschaftlicher Basis beruht, entsprechen die Teilungen der übrigen Volumeter, z. B. von Beck, Brix, Cartier, Twaddle usw. keinem wissenschaftlichen Prinzip, so daß die Umrechnungen sehr unsicher werden. Es wäre daher dringend erforderlich, derartige Systeme endlich im Interesse der Einheitlichkeit gänzlich aus der Praxis auszuschalten und aus diesem Grunde müssen wir auch weiteres Eingehen auf diese unzweckmäßigen Apparate unterlassen.

Für ganz genaue Bestimmungen des spezifischen Gewichts, wie sie für wissenschaftliche Forschungen nötig sind, bedient man sich des Pyknometers oder der Mohr-Westphalschen Wage, da solche Ermittelungen für die Praxis jedoch nicht erforderlich sind und diejenigen, denen an solch wissenschaftlichen Ermittelungen gelegen ist, im allgemeinen auch mit

den genannten Apparaten umzugehen verstehen, kann eine nähere Erläuterung hier unterbleiben.

Schließlich sei noch kurz eine Methode angeführt zur Bestimmung des spezifischen Gewichts dickflüssiger Schmieröle und Rückstände. Man ermittelt zunächst das spezifische Gewicht einer Mischung des zu prüfenden Öls mit dem gleichen Volumen eines Lösungsmittels, dessen spezifisches Gewicht bekannt ist. Als Lösungsmittel kann man z. B. Kerosin verwenden. Die Bestimmung erfolgt mit der Westphalschen Wage. Ist damit das spezifische Gewicht der Mischung als s ermittelt, das des Lösungsmittels als s_1, so ist das spezifische Gewicht des zu prüfenden Öls $S = 2s - s_1$. Den durch die entstandene Volumverminderung verursachten Fehler kann man vernachlässigen. Dagegen muß für den Wassergehalt eine Korrektur erfolgen; diesen ermittelt man durch einen geeigneten Apparat in der Weise, daß man ein bestimmtes Gewicht des zu untersuchenden Öls mit der gleichen Menge Benzin mischt und das sich dabei abscheidende Wasser volumetrisch bestimmt.

5. Beständigkeit an der Luft.

Die Prüfung der Öle auf Beständigkeit an der Luft bezweckt, zu ermitteln, ob die betreffenden Öle bei längerem Stehen an der Luft ihre Konsistenz nicht ändern.

Die einfachste Prüfungsmethode ist die von Nasmith; er benutzt eine breite Eisenplatte mit glatter Oberfläche, in der etwa 6 Rillen eingearbeitet sind in der Längsrichtung. Die Platte stellt er geneigt derart, daß die Rinnen ein Gefälle von etwa 14 mm auf 1 m Länge haben. Man wählt nun Öle gleicher Viskosität, die man nach den vorhergehenden Methoden geprüft hat, und bei denen man, wenn sie z. B. verschiedenen Fabriken entstammen, das luftbeständigste aussuchen will und gießt in je 1 Rille je 1 Ölsorte bei

geneigter Lage der Platte. Die Öle beginnen dann gleichzeitig nach unten zu fließen und man überläßt sie so mehrere Tage sich selbst. Gewöhnlich kann man dann am fünften Tag das Ergebnis feststellen, indem schlechte Öle, auch wenn sie anfangs gut liefen, bald aufhören zu fließen, während gute Öle länger laufen und erst allmählich ein Gerinnen und Stillstehen stattfindet. Letzteres läßt sich bestimmt nach etwa einer Woche feststellen und die Öle, die dann am weitesten gelaufen sind, hat man als die luftbeständigsten zu betrachten.

Die Methode gibt insofern leicht Anlaß zu Ungenauigkeiten, als es schwierig ist, in die verschiedenen Rinnen jeweils einander genau gleiche Ölmengen zu bringen.

Diese Schwierigkeit erleichtert der bekannte von Albrecht konstruierte Apparat. Er besteht aus sechs in einem Gestell aufgehängten Röhrchen a mit Messingenden b, die je eine ganz feine Ausflußöffnung haben. Letztere münden über entsprechenden Rinnen c, die dem gleichen Zweck dienen, wie die oben beschriebenen Rinnen bei Nasmith und auch entsprechend geneigt sind. Die Ausflußöffnungen in b sind durch feine Messingstiftchen verschließbar, die von oben an Drähten d eingelassen werden können derart, daß infolge ihrer Verbindung mit einem Quersteg e sämtliche Bohrungen gleichzeitig geöffnet bzw. geschlossen werden können. Man hat also nun eine genaue Handhabe, jedesmal in allen Rinnen genau gleiche Mengen der zu prüfenden Öle zum Fließen zu bringen, indem man bei geschlossenen Ausflußöffnungen die Röhrchen a alle genau gleich bis zu einer Marke mit den Probeölen füllt und durch Anheben von e genau gleichzeitig sämtliche Ausflußöffnungen freigibt. Die weitere Beurteilung erfolgt wie oben beschrieben.

Da in warmer Luft das Trocknen der Öle viel leichter stattfindet, ist es vorteilhaft, auch in dieser Hinsicht zu prüfen. Ein zweckdienlicher Apparat hierzu ist das in Figur 18 dargestellte Vaporimeter von Archbutt. Es besteht aus einem geraden Kupferrohr a von etwa 22 mm lichter Weite und 350—600 mm Länge, um das in Spiralen ein zweites etwa 9 mm weites Kupferrohr b läuft, dessen ganze Länge etwa 3 m beträgt und das bei c in Rohr a

Fig. 18: Vaporimeter nach Archbutt.

mündet, während Ende d aus dem Kasten e, der das Ganze umgibt, herausragt. Der aus verzinntem Eisenblech hergestellte allseitig geschlossene Kasten e, dessen Innentemperatur an dem den Deckel durchbrechenden Thermometer f abgelesen werden kann, wird durch Gasflammen i geheizt. Das Rohr a ist am rechten Ende geschlossen, am linken Ende mündet es außerhalb des Kastens in ein dünnes Rohr k für den Luftaustritt. Durch den Verschluß n am rechten Ende von Rohr a kann in letzteres

ein Glasrohr m eingelegt werden, in welchem in einer Platinschale o das zu prüfende Öl steht. Durch Rohr b bläst man langsam bei d Luft ein, wobei die Flammen i entzündet sind; in der Rohrschlange nimmt die darin zirkulierende Luft, die eventuell vorgewärmt ist, die Temperatur des Innenraums e an, die an f abgelesen werden kann, streicht damit durch c nach Rohr a und über das zu prüfende Öl, bei k austretend. Durch eine einfache Reguliervorrichtung stellt man den Luftstrom so ein, daß er mit einer Geschwindigkeit entsprechend 2 Litern in einer Minute zirkuliert. Statt des Luftstromes kann man nun auch Dampf oder sonstige flüchtige Substanzen wählen, ebenso die Temperaturen beliebig einstellen, so daß mit diesem Apparat die Möglichkeit geboten ist, das Öl für verschiedene Luft- und Dampfarten bei jedem gewünschten Wärmegrad auf sein Verhalten prüfen zu können.

b) Chemische Prüfung.

1. Wassergehalts-Bestimmung.

Die Prüfung der Schmiermittel auf Wassergehalt ist in den meisten Fällen sehr notwendig, insbesondere wenn es sich um Dochtschmierung handelt, ist, wie bereits auf Seite 11 erwähnt, der Wassergehalt in Schmieröl äußerst schädlich. Der Einfluß des Wassergehalts auf die Bestimmung des Flammpunkts ist auf Seite 171 erläutert. Insbesondere kommt auch die Wassergehaltsbestimmung bei den durch Ölabscheider wiedergewonnenen Ölen in Betracht.

Zur Wassergehaltsbestimmung in Mineralölen bedient man sich vorteilhaft des Xylols; dies ist eine Kohlenwasserstoffverbindung (Dimethylbenzol, $C_6H_4(CH_3)_2$), die sich in dem bei etwa 140° C

siedenden Teil des leichten Steinkohlenteeröles findet. Die Bestimmung erfolgt, indem man das Öl mit Xylol destilliert, die anzuwendende Menge des Probeöls ist nach Dr. Marcusson[1]) so zu bemessen, daß die Menge des übergehenden Wassers nicht mehr als 5 bis 10 ccm beträgt, jedoch möglichst 20 g nicht übersteigt, da sonst der Ablesungsfehler zu groß wird. Zur Verhütung von Siedeverzug ist der Zusatz von Bimsstein vor der Destillation erforderlich. Das Destillat ist zweckmäßig in einem nach Figur 19 ausgebildeten Meßzylinder aufzufangen, der nach unten verengt ist und in ein Blechgestell eingesetzt wird, das ihn durch die federnden Teile a festhält. Nach Beendigung der Destillation stellt man den Zylinder bis zur klaren Trennung des Xylols von der Wasserschicht in warmes Wasser und stößt etwa an den Wandungen haftende Wasserbläschen mit einem Glasstab nach unten. Allerdings bleibt etwas Wasser im Xylol gelöst, doch sind diese gelösten Mengen so geringfügig, daß der dadurch bedingte Fehler für die Praxis vernachlässigt werden kann. Um ihn ganz zu eliminieren, kann man Xylol verwenden, das man vorher mit Wasser destilliert und geklärt hat.

Fig. 19: Wassergehaltsbestimmung.

Statt Xylol läßt sich auch Toluol zur Destillation der Probeöle verwenden und der übergehende Wassergehalt wird genau wie oben beschrieben gemessen.

Bei Schmierfetten, die keine leichtflüchtigen

---

[1]) Mitteilung aus dem Kgl. Materialprüfungsamt 1905, Seite 58.

Bestandteile enthalten, läßt sich der Wassergehalt durch Erwärmen mit Alkohol bestimmen. Eine einfache Methode besteht darin, daß man ein genau abgetragenes Quantum, etwa 50 g, des zu prüfenden Schmierfettes im Becherglas etwa 1 Stunde lang auf 110° C erhält, bei zeitweiligem Umrühren mit einem Glasstab. Dann erhöht man die Temperatur auf 125° C und überläßt in dieser Temperatur das Fett etwa 2 Stunden lang sich selbst. Hierauf läßt man es erkalten und wiegt es, wobei die Differenz dem ursprünglichen Gewicht die darin gegenüber enthalten gewesene Wassermenge angibt. Diese soll den Betrag von $^1/_2$ % nicht überschreiten.

Enthält das Fett aber leichtflüchtige Bestandteile, so ist obiges Gewichtsverfahren sowie das Erwärmen mit Alkohol zur Wasserbestimmung unzuverlässig und man verwendet auch hier die oben beschriebene Methode mit Xylol.

Die wasserlöslichen Mineralöle, die sogenannten Emulsionen u. dgl. werden in gleicher Weise mittels des Destillationsverfahrens mit Xylol auf Wassergehalt untersucht. Enthalten solche Öle jedoch neben Wasser freies Ammoniak oder Ammoniakseife, so wird Ammoniak in das wässerige Destillat übergehen. Nach Marcusson beeinflussen nun geringe Ammoniakmengen das Ergebnis der Wasserbestimmung nicht nennenswert, größere Mengen sind in einem Teile der wässerigen Schicht mit Salzsäure zu titrieren und bei Berechnung des Wassergehalts zu berücksichtigen. Sind z. B. bei der Destillation 10 ccm Wasser mit einem Ammoniakgehalt von 10 % erhalten, so sind nicht 10 g, sondern nur 8,64 g Wasser in Rechnung zu ziehen. Das spezifische Gewicht einer zehnprozentigen Ammoniaklösung ist 0,96, die gefundenen 10 ccm entsprechen also 9,6 g. Von diesem Gewicht sind noch 0,96 g für das gelöste Ammoniak in Abzug

zu bringen. — Ist neben Wasser in einer Probe Alkohol zugegen, so geht dieser zum großen Teil in die wässerige Schicht über; der Wassergehalt ergibt sich in diesem Falle durch Bestimmung des spezifischen Gewichts der Wasserschicht.

Für Harzöle ist die früher genannte Wasserbestimmung durch Erwärmen auch nicht brauchbar wegen flüchtiger Bestandteile und Oxydation, man verwendet daher ebenfalls die Xylolmethode.

2. Harzgehalt.

Harz findet zur Verfälschung Anwendung, z. B. um die Viskosität zu erhöhen; es ist natürlich auf alle Fälle ein sehr schädlicher Zusatz für Schmiermittel, dessen Untersuchung nicht versäumt werden sollte. Insbesondere ist dem Vorkommen von Harz in den dunkeln Zylinderölen und Wagenölen Beachtung zu schenken, bei denen Verharzungen in den Schmiervorrichtungen, Zylinderkanälen usw. zu befürchten sind; weniger Anlaß bieten die hellen Mineralschmieröle, die im allgemeinen die große Gruppe der Maschinenöle bilden.

Eine einfache Methode besteht darin, daß man das Probeöl mit der zwei- bis dreifachen Volumenmenge Weingeist vom spezifischen Gewicht 0,88—0,90 nach etwas Kochen gut durchschüttelt und abkühlen läßt. Weingeist löst Harz, und wenn letzteres in Öl vorhanden war, befindet es sich gelöst in der obersten Schicht der abgekühlten Lösung. Man nimmt daher die oberste Schicht ab und versetzt sie mit weingeistiger Bleizuckerlösung. Dann erkennt man das Vorhandensein von Harz sofort an einem dicken, flockigen bis käsigen Niederschlag, während bei harzfreiem Öl nur eine milchige Trübung eintritt.

Ein anderes Verfahren besteht in der Verwendung von Weingeist und Sodalösung; durch

Erwärmen der Fettprobe mit der Lösung von siebzigprozentigem Alkohol wird etwa darin enthaltenes Harz gelöst, das dann durch Hinzufügen von Wasser, eventuell mit etwas Salzsäure angesäuert, einen Niederschlag ergibt, in dem man den Harzgehalt durch den Geruch herausfinden kann.

Die umfassendsten Versuche über die Harzbestimmung in Mineralölen hat Dr. Holde angestellt. Er fand, daß je nach den im Öl enthaltenen Harzarten zur Lösung verschiedene Lösungsmittel benutzt werden müssen. Als solche kommen in Betracht: Benzin, siebzigprozentiger Alkohol, Amylalkohol und Äther. Doch würde es hier zu weit führen, auf die Versuche näher einzugehen, um so mehr, als dieselben spezifisch wissenschaftliches Interesse haben, insbesondere auch für die Schmierölfabrikation, so daß kurz auf den ausführlichen Bericht in den „Mitteilungen aus dem Kgl. Materialprüfungsamt 1907 Heft 2“ hingewiesen sei.

Ein neues Verfahren zur Abscheidung der in Mineralölen, Mineralölrückständen u. dgl. enthaltenen harz- und asphaltartigen Stoffe ist B. Diamond unter D. R. P. 176486 patentiert. Es ist dadurch gekennzeichnet, daß nur die zur Ausscheidung des Asphaltes und noch nicht zum Absetzen desselben erforderliche Menge des physikalisch wirkenden Lösungsmittels bzw. Fällungsmittels dem Öl zugesetzt und die Trennung des Asphalts von der Öllösung durch Zentrifugieren bewirkt wird.

Schließlich sei noch ein Verfahren von Dr. Kissling (siehe auch Seite 201) zur Bestimmung des Gehaltes von Mineralöl an teer-, harz- oder pechartigen schwefelreichen Stoffen genannt, mit dem derselbe Versuche angestellt und in der Chemiker-Zeitung 1907 Seite 328 veröffentlicht hat. — Man erwärmt 50 g des zu untersuchenden Mineralschmieröls in einer mit Steigrohr versehenen Flasche mit

50 ccm einer alkoholischen Natronlösung (50 g Alkohol von 99 % und 50 g wässerige Natronlösung enthaltend 7,5 % Natriumhydrat, NaOH) auf 80° C, setzt dann einen Pfropfen auf und schüttelt 5 Minuten lang andauernd und kräftig. Dann führt man die Mischung möglichst vollständig in einen zylindrischen Scheidetrichter über, wobei man zur Erhöhung der Genauigkeit die Flasche mit 10 ccm der alkoholischen Natronlösung auswaschen kann. Im Trichter läßt man das Gemisch sich in der Wärme scheiden und filtriert dann einen möglichst großen Anteil, der nunmehr die teerartigen Bestandteile des Mineralöls aufgelöst enthaltenden Natronlösung ab. Die so

Fig. 20: Dochtöler für Harzprobe.

gewonnene klare oder höchst ganz schwach opalisierende Natronlösung wird im Scheidetrichter mit 50 ccm Petroläther 5 Minuten lang andauernd geschüttelt. Nach erfolgter Scheidung läßt man die Natronlösung ab, führt dann den Petroläther in einen Kolben über und ermittelt nach dem Abdestillieren des Lösungsmittels und dem Trocknen des Kolbens und Kolbeninhaltes das Gewicht des Rückstandes. Eine ganz einfache Harzprobe ist noch folgende:

Man benutzt einen einfachen, jedoch mit Wassermantel umgebenen Dochtöler (Figur 20); in das umgebende Wasser leitet man Dampf, so daß die Temperatur im Ölgefäß auf 60° konstant bleibt. Das

Öl läßt man durch den Docht austreten, und zwar muß für gutes Öl in gleichen Zeitintervallen von je 8 Stunden die gleiche Ölmenge ausgetreten sein und am Ende des Versuches darf der Docht keine Verunreinigungen enthalten und die Wand- und Bodenflächen des Ölgefäßes müssen rein sein. Figur 21 zeigt die Gesamtanordnung; aus der Kanne A, die den zur Anlieferung an die amerikanische Regierung vorgeschriebenen Normalkannen entspricht, wird das Öl durch Syphon B, durch einen Hahn einstellbar, kontinuierlich dem Ölgefäß C zugeführt. In letzterem steht ein Thermometer; bei a ist der Dampfeintritt, bei b der Wasserüberlauf. Das Öl tropft aus dem Öler in ein untergestelltes Meßglas D, dessen Größe der in 8 Stunden durchlaufenden Menge entspricht. Nach 8 Stunden stellt man den Zuflußhahn ab, notiert die im Meßglas befindliche Menge und macht denselben Versuch noch zweimal. Bei gutem Öl muß dann bei allen drei Versuchen das Meßglas stets bis zu derselben Marke gefüllt sein. Die Höhe des Öles im Tropfgefäß wird stets auf gleicher Höhe erhalten. Die Tatsachen haben bewiesen, daß bei guten Ölen der Versuch stets gelingt.

Fig. 21: Harzprobe.

3. Harzöl in Mineralöl.

Der Gehalt an Harzöl in Mineralöl ist in ver-

schiedenen Fällen von Wichtigkeit, z. B. wenn es sich darum handelt, festzustellen, ob das Mineralöl rein ist, wie es z. B. für Heißdampfzylinder erwünscht ist, ferner für die zollamtliche Behandlung usw. Nach „Der Seifenfabrikant" ist dafür folgendes auch von der Zollbehörde benutzte Verfahren zweckmäßig: Harzöl wird oft als Verfälschung benutzt, da es billiger ist als Mineralöl, natürlich aber auch geringwertiger als Schmiermittel. Man schüttelt in einem kleinen Scheidetrichter 2 ccm des zu prüfenden Öles mit 5 ccm Essigsäureanhydrid gut durch. Hierauf läßt man es absetzen und läßt das sich unten ansammelnde Essigsäureanhydrid durch den Hahn in ein Probierröhrchen ab. In letzterem wird die Flüssigkeit abgekühlt und mit einem Tropfen Schwefelsäure vom spezifischen Gewicht 1,53 versetzt. Entsteht dabei eine rotviolette Färbung, so ist in dem Probeöl Harzöl enthalten, da reines Mineralöl nur gelbliche bis bräunliche Färbung gibt.

Für die qualitative Prüfung von Mineralöl auf Harzölgehalt gibt auch das Valentasche Verfahren gute Resultate. Es beruht nach Veith[1]) auf der Erscheinung, daß Mineralöle in Eisessig viel schwerer löslich sind als Harzöle, denn 10 g Eisessig von 1,0562 spezifischem Gewicht lösen bei 50 °C höchstens 0,68 g Mineralöl, aber 1,78—2,0 g Harzöl. Man versetzt zur Untersuchung 2 g des Probeöles mit 10 ccm Eisessig und erwärmt 5 Minuten lang unter steter Bewegung im Wasserbad. Hierauf filtriert man durch ein leicht befeuchtetes Filter und wiegt eine gewisse Menge des Filtrates ab. In dieser bestimmt man durch Titration mit Natronlauge das Gewicht des Eisessigs und die Differenz dieses Gewichts und des Gewichts der Gesamtlösung ermöglicht die Berechnung der in letzterer gelösten Harzölmenge.

[1]) Veith, Das Erdöl und seine Verarbeitung.

Weiter gibt die genannte Quelle noch die Methode von Hübl an, die eine Titration mit Jodlösung benutzt. Etwa 0,5 g Probeöl wird mit der zwanzigfachen Menge Chloroform versetzt und einem Überschuß einer Jodlösung, die aus einer Auflösung von 25 g Jod und 30 g Quecksilberchlorid in 1 Liter fuselfreien Alkohols besteht. Man läßt das Gemisch etwa 2 Stunden stehen, ist sie dann noch durch das Jod braun gefärbt, so wird der Jodüberschuß nach Versetzen der Lösung mit 10—15 g Jodkaliumlösung von 1 : 10 und Verdünnen mit 150 ccm Wasser mit Natronlauge und darauffolgendem Zusatz von Stärkekleister zurücktitriert. Hierbei kommen wir zur Definition der in der Schmiermittelbeurteilung eine Rolle spielenden Jodzahl: Diese ist nämlich die Zahl, welche angibt, wieviel Teile Jod nach genanntem Verfahren auf 100 Teile Öl verbraucht werden. Die Jodzahl des Harzöls ist wesentlich größer, als die des Mineralöles, wodurch ein Rückschluß auf den etwaigen Gehalt an Harzöl auf Grund der so ermittelten Jodzahl ermöglicht ist. Während 100 Gewichtsteile Mineralöl selten mehr als 14 Teile Jod absorbieren, erreicht der Jodbetrag bei Harzöl die Zahl 43—48. Natürlich ist diese Methode zur quantitativen Bestimmung zu ungenau.

Schließlich sei noch der optischen Reaktion zum Nachweis von Harzöl in Mineralöl gedacht, die ebenfalls von Valenta stammt. Das zu prüfende Öl wird in einen Polarisationsapparat gebracht und beobachtet, welche Drehung das Licht im Apparat erfährt. Zeigt das Öl eine Rechtsdrehung, so ist dies ein Zeichen für das Vorhandensein von Harzöl, Da gefärbtes Öl diese Bestimmung schwierig macht, weil es den Lichtdurchgang erschwert, muß man solches entfärben, z. B mit Fullererde der Deutschen Fullererdewerke in Hamburg, oder man verdünnt es mit Petroleumäther.

4. Mineralöl in Harzöl.

Nach den gleichen Angaben wird der etwaige Mineralölgehalt in Harzöl bestimmt, indem man 2 ccm des Probeöles mit 20—22 ccm eines Gemisches von 10 Raumteilen eines Branntweins mit einem Weingeistgehalt von 91 % (Gewichtsteile) und 1 Raumteil Chloroform in einem Reagensglas kräftig schüttelt. Tritt dann eine Trübung ein (durch Öltröpfchen) oder bildet sich eine sich absetzende Ölschicht, so ist Mineralöl vorhanden, denn Harzöl ist in der angegebenen Menge von Chloroform-Weingeistmischung vollkommen löslich.

5. Harzöl oder Mineralöl oder beide in Fett bzw. fetten Ölen.

Nach dem „Seifenfabrikant“ wird zur Prüfung der Reinheit von Fett oder fetten Ölen in bezug auf Mineralöl oder Harzöl folgende Verseifungsprobe ausgeführt, die als die Luxsche Reaktion bekannt ist: Man bringt im Reagensglas ein erbsengroßes Stück festes Kalihydrat in 5 ccm reinem Weingeist durch Kochen in Lösung. Die so erhaltene weingeistige Kalilauge versetzt man mit 3—4 Tropfen des zu untersuchenden fetten Öls oder Fettes, Hierauf gibt man allmählich 1—15 ccm destilliertes Wasser zu. Bleibt dabei die Flüssigkeit klar, so hat man ein fettes Öl bzw. Fett, das frei von Harzöl und von Mineralöl ist, da die Anwesenheit eines der letzteren oder beider eine Trübung oder die Abscheidung einer Ölschicht bedingen würde.

6. Fett oder fettes Öl in Mineralöl oder Harzöl.

Vermutet man merkbare Mengen von Fett oder fettem Öl in Mineralöl, Harzöl oder in einem Gemisch beider, so kocht man im Reagensglas

3—4 ccm des Probeöls auf freier Flamme etwa 2 Minuten lang lebhaft mit einem ungefähr 1 cm langen Stück festen Natronhydrat. Bleibt die Probe nach dem Erkalten flüssig, so ist kein merkbarer Gehalt an fettem Öl oder Fett vorhanden.

Vermutet man nur geringe Beimengungen von fettem Öl oder Fett, so gibt der „Seifenfabrikant" folgendes Verfahren an: Man bringt in einem innen mit Schmalz belegten eisernen Gefäße Paraffin zum Schmelzen und taucht in das Paraffinbad ein Thermometer, ferner gibt man wie oben in ein Reagensglas 3—4 ccm des Probeöls und ein 1 cm langes Stück festes Natronhydrat und hängt dann das Reagensglas so tief ins Paraffinbad, daß das Paraffin außerhalb des Reagensglases höher steht als die Ölprobe innen. Dann erhitzt man das Bad und hält die Temperatur eine Viertelstunde lang konstant, bei hellem Probeöl auf 230° C, bei dunklem auf 250° C. Hierauf nimmt man das Reagensglas aus dem Bad, reinigt es außen von Paraffin und läßt seinen Inhalt langsam erkalten. Bleibt derselbe dabei flüssig, so ist man sicher, daß keine Spur von Fett oder fettem Öl vorhanden ist.

Wird der Inhalt im Reagensglas, sei er nach dem ersten oder zweiten Verfahren gewonnen, nach dem Erkalten gallertartig, oder zeigt er an seiner Oberfläche Seifenschaum, so muß man damit folgendermaßen weiter prüfen: Man bringt die erstarrte Probe über der freien Flamme zum Schmelzen und gießt den flüssigen Teil über dem Natronhydrat von diesem ab in eine Porzellanschale. In dieser läßt man ihn abkühlen, gibt 50 ccm Petroleumäther zu und verreibt gut, bis alle nicht verseiften Bestandteile gelöst sind. Die ungelöst gebliebenen Bestandteile werden abfiltriert, auf dem Filter mit geringer Menge Petroleumäther gewaschen und in 30 ccm Branntwein mit achtzigprozentigem

(Gewichtsprozente) Weingeistgehalt gegeben. Ein hierbei etwa entstehender dicker, käsiger Niederschlag, zeigt den Gehalt von fettem Öl oder Fett an, während bei Klarheit oder nur leichter Trübung keines von beiden vorhanden ist.

7. Geblasene fette Öle in Mineralölen.

Zur Ermittelung des Gehaltes an geblasenen fetten Ölen (wie sie z. B. auf Seite 55 beschrieben sind) in Mineralölen hat Dr. J. Marcusson eingehende Versuche angestellt und folgendes Verfahren gemäß seiner in den „Mitteilungen aus dem Kgl. Materialprüfungsamt 1905, Seite 45" gegebenen Abhandlung für zweckmäßig befunden:

Man prüft zunächst von dem zu untersuchenden Öl die abgeschiedenen Fettsäuren (siehe Seite 195) auf ihre Löslichkeit in Petroläther. Fettsäuren aus unveränderten Schmierölen lösen sich mit Ausnahme der leicht zu kennzeichnenden Rizinusölsäuren ganz oder fast vollkommen auf, Säuren aus eingedicktem Öl geben entsprechend ihrem höheren Gehalt an Oxysäuren einen mehr oder weniger starken Niederschlag, je nachdem, wie lange und bei welchem Wärmegrad das betreffende Öl geblasen war.

Ein weiteres Erkennungsmittel für geblasene Öle bietet die Bestimmung der Reichert-Meißlschen Zahl, welche die beim Blasen infolge oxydierender Spaltung gebildeten flüchtigen Säuren anzeigt. Zur Ermittelung dieser Zahl bei Gegenwart von Mineralöl verseift man soviel des Gemisches, als 5 g fettem Öl entspricht, mit $^1/_1$ n alkoholischer Kalilauge unter Zusatz des gleichen Raumteiles Benzol, trennt das Unverseifbare nach Spitz & Hönig ab, verdampft den Alkohol aus der Seifenlauge und verfährt mit dem rückständigen Seifenbrei in üblicher Weise. Die blinde Probe ist wie die Bestimmung selbst

mit einer Mischung von Benzol und alkoholischem Kali auszuführen. Die Zahl der zur Titration der flüchtigen Säuren verbrauchten ccm Kalilauge bezieht man auf das in der Probe enthaltene fette Öl.

In einzelnen Fällen wird man auch aus der Zähflüssigkeit des Ölgemisches und des nach Spitz & Hönig abscheidbaren reinen Mineralöles Schlüsse auf Gegenwart von eingedicktem fetten Öl ziehen können. Die ungeblasenen fetten Öle haben mit Ausnahme des Rizinusöles eine Zähigkeit nach Engler von höchstens 15 bei 20° C, z. B. Baumwollsaatöl 9—10, Rüböl 11—15, meist 13. Beträgt also z. B. der Zähflüssigkeitsgrad eines Gemisches 30, der des abgeschiedenen reinen Mineralöles 20, so kann die Erhöhung um 10 Einheiten nicht durch gewöhnliches, sondern nur durch geblasenes fettes Öl bedingt sein. Voraussetzung ist hierbei natürlich die Abwesenheit von fremden Verdickungsmitteln wie Seife, Gelatine u. dgl.

Die Menge des in einer Ölmischung enthaltenen geblasenen Öles wird durch Bestimmung des Mineralöles nach Spitz & Hönig ermittelt. Berechnen aus der Verseifungszahl der Mischung ist nicht immer mit genügender Genauigkeit möglich, da die Verseifungszahl der geblasenen Öle innerhalb zu weiter Grenzen schwankt.

Für Schmierzwecke kommen als geblasene Öle nur Rüböl oder Baumwollsaatöl in Betracht; ob in einer Ölmischung eines dieser beiden vorliegt, kann durch Ermittelung der Konstanten, z. B. Jodzahl und Molekulargewicht der Fettsäuren, nicht ermittelt werden. Auch Farbenreaktionen lassen im Stiche. Die Salpetersäurereaktion (Kaffeebraunfärbung) tritt zwar mit großer Schärfe ein, wird aber von geblasenem Rüböl in gleicher Weise hervorgerufen. Dagegen können zur Unterscheidung dienen: — Der Geruch der Ölmischungen sowie

der Fettsäuren, der in jedem Falle dem der ungeblasenen Öle bzw. deren Fettsäuren nahe kommt. — Die Konsistenz der Fettsäuren; während nämlich die Säuren des geblasenen Rüböles ölig sind und nur geringe feste Abscheidungen zeigen, sind aus geblasenem Baumwollsaatöl abgeschiedene Säuren talgartig fest. — Verhalten der aus den Fettsäuren herstellbaren Bleiseifen gegen Äther: Die Rübölbleiseifen lösen sich in Äther größtenteils auf, von Baumwollsaatölbleiseifen bleibt ein beträchtlicher Anteil ungelöst, z. B. bei Versuchen waren im ersteren Falle 1,2—20,6 % im letzteren Falle aber 32,9—45,8 % ungelöst. Die Unterschiede zwischen den beiden Ölsorten treten noch schärfer hervor, wenn man von den oxydierten Säuren absieht und nur die Menge der petrolätherlöslichen Säuren vergleicht. Auch sind die Baumwollsaatölsäuren vollkommen fest, die Rübölsäuren ölig bis dicksalbenartig.

8. Säuregehalt.

Bei nicht ganz sachgemäßer Behandlung können in den Ölen, die ja bei der Raffination mit Schwefelsäure behandelt werden, Säuren zurückbleiben. Insbesondere ist auch dem Gehalt an freien Fettsäuren Beachtung zu schenken. Ein Säuregehalt in Schmierölen wäre nun von verderblichstem Einfluß auf die damit geschmierten Teile und infolgedessen ist die Prüfung auf Säurefreiheit sehr wesentlich.

Zur qualitativen Säurebestimmung sind die Farbenreaktionen sehr bequem. Zum Nachweis von Schwefelsäure schüttelt man das zu prüfende Öl im Reagenglas tüchtig mit destilliertem Wasser, läßt letzeres absetzen und versetzt das bleibende Öl mit Chlorbarium. Bildet sich dabei ein weißer Niederschlag, so ist damit der Schwefelsäuregehalt nachgewiesen.

Zum Nachweis von freien Fettsäuren versetzt man das Probeöl im Reagensglas mit Kupferoxydul; die Bildung einer grünen Färbung im Öl kennzeichnet den Säuregehalt.

Organische Karbon- und Sulfonsäuren lassen sich nach Veith in Mineralölen nachweisen, indem man letztere mit Natronlauge vom spezifischen Gewicht 1,2 schüttelt und nach dem Absetzen die Flüssigkeit sorgfältig vom Öle trennt. Säuert man dann die Lauge mit Salz- oder Schwefelsäure an, so läßt eintretende Trübung oder das Ausscheiden von Flocken den Säuregehalt erkennen.

Mineralsäuren ergeben beim Schütteln des Probeöles mit Methylorangelösung 1 : 1000 eine Färbung.

Eine andere kolorimetrische Methode besteht darin, daß man von dem Probeöl etwas in kleine Messing- oder Kupfergefäße gibt und darin auf etwa 60° C erwärmt. Bildet sich ein namentlich am Ölrand bemerkbarer grüner Schimmer, so ist dies ein sicheres Zeichen für Säuregehalt.

Die quantitative Säurebestimmung erfolgt durch Alkohol, Äther und Kalilauge. In einer Mischung von Alkohol und Äther im Verhältnis 2 : 1 löst man etwa 10 ccm des zu prüfenden Öles bis zur Entfärbung, wozu man als Indikator Phenolphtaleïn benutzt. Man gibt nämlich der Mischung von Äther und Alkohol soviel Kalilauge zu, daß durch Zusatz von Phenolphtaleïn gerade eine schwache Rotfärbung beginnt, die beim Ölzusatz wieder verschwindet. Hierauf titriert man mit $^1/_{10}$ n Kalilauge, bis die Rötung der zugesetzten Phenolphtaleïnlösung eintritt und die Menge der verwendeten Kalilauge in ccm entspricht direkt den Burstynschen Säuregraden.

Ein Verfahren zum Nachweis von freier Säure in Fett besteht darin, daß man zunächst 10 g des zu untersuchenden Fettes mit 50 ccm einer Mischung

von Benzin und Alkohol im Volumenverhältnis 1 : 10 am Rückflußkühler kocht. Dem Gemisch gibt man hierauf 30 ccm neutralisierten 50 prozentigen Alkohol zu und titriert mit Natronlauge in der Wärme, bis die untere alkoholhaltige Schicht eine dauernde rosa Färbung zeigt, wobei man als Indikator Phenolphtaleïn benutzt.

9. Konstanten von Ölen.

Die Chemie ist darauf ausgegangen, zu versuchen, den Wert von Schmierölen möglichst durch Konstanten festzulegen, als welche z. B. das Jodadditionsverfahren zu nennen ist, das die auf Seite 194 genannte Jodzahl gibt oder den in der Temperaturerhöhung zum Ausdruck kommenden Grad der Einwirkung von hochkonzentrierter Schwefelsäure auf Öl; letzteres gibt die sogenannte Maumené-zahl. Neuerdings hat Dr. Kissling noch eine dritte Konstante eingeführt, die nach seinen in der Chemiker-Zeitung 1906 Seite 932 und 1907 Seite 328 wiedergegebenen Versuchen noch genauere Resultate ergibt.

Diese Konstante beruht auf dem Gehalt an asphaltartigen Stoffen, den die auf eine bestimmte Temperatur während längerer Zeit erhitzten Öle besitzen und führt die Bezeichnung „Verharzungszahl". Zur Bestimmung der Verharzungszahl werden nach Kissling 50 g des zu prüfenden Öls im Trockenkasten (Thermostat) 60 Stunden lang einer Hitze von 125—130° C ausgesetzt und zwar fand bei den Versuchen die Erwärmung nur in den Tagesstunden, also diskontinuierlich, statt. Die 60 stündige Erhitzungszeit setzte sich aus 5 zwölfstündigen Perioden der Hitzeeinwirkung zusammen, die durch 4 zwölfstündige Pausen unterbrochen waren. Das in dieser Weise behandelte Öl wird nebst dem etwaigen Bodensatz (Asphaltpech) mit Petroläther in einem 500 ccm-Kolben gespült; dann

füllt man bis zur Marke auf. Nach etwa 12stündigem Absetzenlassen wird durch ein gewogenes Filter filtriert, sorgfältig mit Petroläther nachgewaschen und nach der erforderlichen Trocknung das Gewicht des Asphaltpeches ermittelt.

Zur Vollständigkeit sei noch das von E. Louise und E. Sauvage vor kurzem der französischen Akademie der Wissenschaften unterbreitete Verfahren über neue charakteristische Konstanten der Öle genannt. Als brauchbare Konstante haben sie die Aufstellung der Mischbarkeitskurve mit Aceton erkannt. Eine Gewichtsmenge p des zu prüfenden Öls wird mit 20 ccm Aceton von 12° C versetzt und die Flasche mit einem Korkpfropfen verschlossen, durch den ein in $^{1}/_{5}$ ° geteiltes Thermometer gesteckt ist. Nun wird erhitzt bzw. abgekühlt, was sich danach richtet, ob die zu bestimmende Mischungstemperatur höher oder tiefer als die umgebende Temperatur liegt. Die Trübung verschwindet fast augenblicklich und man liest die Temperatur ab. Dies ist die Mischungstemperatur; der Fehler der Ablesung beträgt höchstens $^{2}/_{10}$ Grad. Für verschiedene Mengen des gleichen Öls werden verschiedene Mischungstemperaturen erhalten. Trägt man auf die Abszisse x eines Ordinatensystems die ansteigenden Gewichtsmengen des Öls, auf Ordinate y die entsprechenden Mischungstemperaturen, so ergibt sich eine für jedes Öl sehr charakteristische Kurve. Die Trübung verschwindet bei den Ölen am schnellsten bei 15—30 g Öl. Unter Mengen von 15 g nimmt die Empfindlichkeit der Reaktion ab; oberhalb 30 g wird bei vielen Ölen das Gemisch so viskös, daß die Temperatur nicht mehr in allen Teilen gleichmäßig steigt. Jedenfalls liefert die Bestimmung der Mischtemperatur von 15—30 g Öl mit 20 g Aceton sehr schnell eine für jedes Öl charakteristische Konstante, deren Feststellung

kaum $^1/_2$ Stunde dauert und das Verfahren kann auch zum Nachweis von Verfälschungen benutzt werden.

10. Öle und Naphtharückstände zu unterscheiden.

Nach Charitschkoff läßt sich das Verfahren von Maumené benutzen, um Naphtharückstände von Destillationsrückständen zu unterscheiden. Das Unterscheidungsmerkmal ist der Wärmekoeffizient, dessen Bestimmung unter sorgfältigem Mischen, am besten im Beckmannschen Apparat, d. i. Zylinder mit Rührwerk und genauem Thermometer, erfolgt, und wobei das Maximum der Temperaturerhöhung beobachtet wird. Charitschkoff fand folgende Versuchswerte:

Öle und Naphtharückstände.	Spezifisches Gewicht	Temperaturerhöhung
für Destillate und fertige Produkte:		
Destilliertes Spindelöl	0,899	2,8°
„ Maschinenöl . .	0,911	3,5°
„ Zylinderöl (?) . .	0,922	5,3°
Zylinderöl Nr. 1 Nobel . . .	0,916	2,2°
Helles Maschinenöl	0,911	3.5°
Solaröl	0,878	2,4°
Waggonöl	0 909	2,8°
für Rohnaphtha und Rückstände:		
Naphtha Grosni, leichte . .	0.864	4,2°
„ „ „	0,872	5,3°
„ „ „	0,855	4,1°
„ „ schwere . . .	0,888	5,5°
„ „ „	0.894	7,9°
„ „ „	0,918	8,4°
Masut „	0,907	5,0°
„ „	0,910	5,4°
„ „	0,914	6,3°

Aus den Zahlen folgt, daß der Koeffizient für Destillate und fertige Produkte 2,2—3,5° (ein frag-

liches Zylinderöl hatte 5,3 °) betrug, während Rohnaphtha und Rückstände einen Koeffizienten von 4,1—8,5 hatten. Also könnten die beiden Gruppen durch die Temperaturerhöhung erkannt werden.

11. Abstammungsmerkmale für Schmieröle.[1])

Für Unterscheidung des amerikanischen vom russischen Mineralöl gibt Veith folgende Merkmale an:

a) Beim Abkühlen scheiden die amerikanischen Öle schon bei 0° C oder wenig darunter Paraffin aus und werden fest, während jedoch die russischen Öle bei dieser Temperatur kein Paraffin ausscheiden, sondern unter 0° nur allmählich Schmalz-, dann Butter- und schließlich Talgkonsistenz annehmen. Genauer läßt sich die Paraffinausscheidung bestimmen durch fraktionierte Destillation und Abkühlung der Fraktionen schrittweise. Den amerikanischen Ölen ähnlich verhalten sich meist die galizischen, die aus dem schottischen Schiefer, der sächsischen Schwefelkohle und den Pechelbronner Springquellen; den russischen Ölen gleichen mehr die Ölheimer Öle und die aus den Pechelbronner Gruben.

b) Das spezifische Gewicht von gleichsiedenden Fraktionen ist beim russischen Öl höher als beim amerikanischen.

c) Die Lichtbrechung kann zur Unterscheidung benutzt werden mittels Abbes Refraktometer; der Berechnungsindex der Fraktionen russischer Öle ist höher als der bei den amerikanischen Ölen.

12. Fremde Beimengungen.

Man bestimmt sie durch Destillation einer Ölmenge bis auf 1/5 der ursprünglichen Menge, Glühen und Wiegen des Rückstands. Aus diesem

[1]) Nach Veith: Das Erdöl und seine Verarbeitung. Verlag Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig.

kann man nach den üblichen chemischen Methoden auf Fremdkörper, insbesondere auf Eisen-, Magnesium- und Kalksalze untersuchen.

Schmutz in Fett wird bestimmt, indem man das Fett schmilzt und filtriert; dabei setzt sich der Schmutz im Filter ab. Diesen wäscht man mit heißem Benzol aus und trocknet ihn bei etwa 90° C, worauf man durch Wiegen direkt die Schmutzmenge ermittelt.

c) Technische Prüfung.

Wie bereits an früherer Stelle erwähnt, ist man der Bestimmung des eigentlichen Schmierwertes eines Öls, als absolute Zahl ausdrückbar, noch nicht näher gekommen. Unsere ganzen Beurteilungen des Schmierwerts von Ölen laufen auf Vergleiche hinaus, die man zwischen verschiedenen Ölsorten anstellen kann und die daraus erhaltenen Ergebnisse sind somit, genau genommen, mit Vorsicht zu genießen. Man ist eben, um sicher zu gehen, immer noch darauf angewiesen, Versuche im praktischen Betrieb, sozusagen Dauerversuche im Großen, auszuführen. Nur auf diese Weise kann sich ein Betriebsleiter absolut zuverlässige Daten über den Wert, den ein Schmieröl für seinen speziellen Betrieb hat, vergewissern. Manches sich durch sonstige Prüfungen als gut geeignet kennzeichnendes Öl kann bei den praktischen Versuchen unter Umständen vollkommen versagen, sei es in technischer oder in wirtschaftlicher Beziehung. Auch muß unbedingt davor gewarnt werden, durch einen Vergleich der Preise von Ölen etwa eine durch ihre sonstigen Ergebnisse als für den praktischen Versuch in Wahl zu stellende Ölsorte auszuscheiden; Verfasser hat selbst die Erfahrung gemacht, daß z. B. eine Ölsorte, die im Preis so wesentlich höher

als die übrigen war, daß vielleicht ein ungenügend orientierter Experimentator sie ohne weiteres ausgeschaltet hätte, im praktischen Dauerversuch wirtschaftlich und technisch die besten Resultate ergab.

Man hat nun versucht, Apparate zu konstruieren, in denen man eine Einstellung auf die verschiedenen praktischen Betriebsverhältnisse zu schaffen strebte, um darin mit verhältnismäßig geringen Mengen der Probeöle vergleichende Versuche unter möglichster Anpassung an die praktischen Betriebsverhältnisse vorzunehmen. Wir kommen damit zu dem Gebiete der maschinellen Ölprüfung und können somit das Kapitel der technischen Prüfung einteilen in 1. maschinelle Ölprüfung, 2. praktische Ölprüfung.

1. Maschinelle Ölprüfung.

Wie bereits bemerkt, erstrebt die maschinelle Ölprüfung eine Untersuchung der Öle auf ihren Schmierwert unter Zugrundelegung der jeweiligen für die zu prüfenden Öle in Betracht kommenden praktischen Betriebsverhältnisse. Der Gedanke, eine Vorrichtung zu schaffen, die mit unumstößlicher Gewißheit den wahren Wert eines Öls für die jeweils eingestellten Verhältnisse angibt, auf Grund dessen ich also quasi die Öle, die ich darauf einer vergleichenden Prüfung unterziehe und ihnen zahlenmäßig Gütegrade gebe, in ihrer Stellung zueinander hinsichtlich ihres Schmierwertes eindeutig bestimme, Zahlen, auf Grund deren ich eine Ölsorte unter Umständen als absolut minderwertig verschreien kann, entspringt gewiß einem Bedürfnis, und es ist mit Freude zu begrüßen, daß er verfolgt wird. Aber wer in die verwickelten Verhältnisse eingeblickt hat, die bei der Ölschmierung auftreten, der muß sich eingestehen, daß wir darin gar viele Punkte finden, über die wir noch völlig im unklaren

sind. Greifen wir nur das Gebiet der Reibung heraus, wieviel ungelöste Fragen enthält es noch, betrachten wir den Begriff „Viskosität", er ist doch im Grunde nur ein sehr relativer Begriff. Im Hinblick auf diese Tatsachen wird man auch nicht verkennen können, wieviel Schwierigkeiten die Schaffung einer absolut zuverlässigen, jeden Zweifel ausschließenden Vorrichtung bietet.

Es ist daher auch tatsächlich den verschiedenen Konstrukteuren, obwohl eine Anzahl von ihnen auf gesunden Prinzipien beruhende Vorrichtungen geschaffen haben, nicht gelungen, eine Vorrichtung zu bauen, die absolut einwandsfrei ist. Solange dies nicht der Fall ist, dürfen wir unter keinen Umständen die maschinelle Ölprüfung als eine über den Schmierwert eines Öls ein abschließendes Urteil ermöglichende Untersuchung betrachten, sondern als einen Vorversuch. Zur endgültigen Bestimmung muß ihr die praktische Prüfung folgen, in der die bei der maschinellen Prüfung in engere Wahl gestellten zwei oder mehr besten Sorten ihre Bewährung im praktischen Betrieb zeigen müssen.

Um dem Leser selbst ein Urteil über die wichtigsten bestehenden Konstruktionen zur maschinellen Ölprüfung zu ermöglichen, wollen wir dieselben sowohl hinsichtlich des zugrunde liegenden Prinzips als auch der konstruktiven Ausführung nachstehend beschreiben.

Dettmars Ölprüfmaschine: Dieser in Figur 22 dargestellten, von Oberingenieur G. Dettmar konstruierte und von der Firma Felten-Guilleaume-Lahmeyer-Werke A.-G., Frankfurt a. M. ausgeführten Maschine (D. R. P. 138358) liegt folgendes Prinzip zugrunde: In dem zur Ölprüfung dienenden Lager läuft eine Achse, die zu beiden Seiten des Lagers Schwunggewichte trägt. Die Achse wird auf eine gewisse Umdrehungszahl gebracht durch elektrischen Antrieb,

letzterer dann ausgeschaltet und als Maßstab die Zeit beobachtet, innerhalb welcher die Achse zur Ruhe kommt. Die ausführliche Begründung des Prinzips ergibt sich aus folgenden Betrachtungen:

Zur Messung bzw. Prüfung wird die sogenannte Auslaufsmethode verwendet, die darauf beruht, daß man dem in Umdrehung versetzten Körper von

Fig. 22: Dettmars Ölprüfmaschine der Felten-Guilleaume-Lahmeyer-Werke A.-G.

außen weder Arbeit zuführt noch nach außen hin abnimmt, so daß die in ihm aufgespeicherte Energie lediglich in Reibung umgesetzt wird. Ist das Trägheitsmoment eines Körpers J, die Winkelgeschwindigkeit ω_1, so ist die aufgespeicherte Energie $A_1 = \frac{J \omega_1{}^2}{2}$, beträgt nun nach einer kleinen Zeit T, für welche der Verlauf der den Tourenabfall darstellenden Kurve geradlinig angenommen werden

kann, die Winkelgeschwindigkeit ω_2, so ist die dann noch aufgespeicherte Energie $A_2 = \frac{J \omega_2^2}{2}$, die in der Zwischenzeit in Reibung umgesetzte Energie beträgt also dann $A = A_1 - A_2 = \frac{J}{2} (\omega_1^2 - \omega_2^2)$, führt man nun die Tourenzahl ein und faßt alle konstanten Werte unter c zusammen, so erhält man die Gleichung $A = c (n_1^2 - n_2^2)$, daraus berechnet sich die Reibungsarbeit pro Sekunde $Rm = c \frac{n_1^2 - n_2^2}{T}$; bestimmt man nun bei einem rotierenden Körper den Verlauf der Geschwindigkeitsabnahme mit der Zeit, so kann man, wenn das Trägheitsmoment des Körpers bekannt ist, ohne weiteres aus obiger Gleichung den Reibungsverlust und aus diesem nach der Formel $Rm = \mu \cdot p \cdot d \cdot l \cdot \omega = \mu' \cdot 1 \cdot d \cdot l \cdot \omega$ den Reibungskoeffizienten bei verschiedenen Umfangsgeschwindigkeiten der Welle berechnen. Hierbei ist p der spezifische Druck, d der Durchmesser, l die Länge des Lagers, ω die Umfangsgeschwindigkeit der Welle, μ der Reibungskoeffizient beim Druck p und μ' der auf den Druck 1 kg pro qcm reduzierte Reibungskoeffizient. Dadurch ist man nun in der Lage, den Reibungskoeffizienten darzustellen und geben die Figuren 23 und 24 eine Auslaufskurve und eine Kurve des daraus ermittelten Reibungskoeffizienten wieder. Aus letzterer ersehen wir, daß der Reibungskoeffizient bei der Geschwindigkeit 0 einen gewissen Wert besitzt, mit zunehmender Geschwindigkeit schnell abnimmt, um dann wieder stetig zuzunehmen. Der Punkt, an welchem die Zunahme beginnt, ist bei den verschiedenen Lagern und Ölen verschieden und liegt zwischen einer Umfangsgeschwindigkeit der Welle von 0,1 und 0,2 m pro Sekunde.

Infolge seiner Veränderlichkeit ist somit der

Reibungskoeffizient als Vergleichsmaßstab für die Qualität verschiedener Öle nicht zu verwenden. Es war vielmehr nötig, eine neue Konstante r, Reibungskonstante genannt, einzuführen, welche als die

Fig. 23: Theoretische Auslaufskurve.

Fig. 24: Reibungskoeffizient, aus der Auslaufskurve ermittelt.

wirklich charakteristische Zahl für die betreffenden Ölsorten angesehen werden kann und mit dem Reibungskoeffizienten durch die Formel $\mu = r \cdot \omega^{0,5}$ verbunden ist. Diese Formel gilt allerdings nur für den hinter dem Minimum liegenden Teil der μ-Kurve, d. h. für Umfangsgeschwindigkeiten der Welle über 0,4 m pro Sekunde, während der vor dem Minimum liegende Kurventeil durch die Formel

nicht gedeckt wird. Es erklärt sich dies ohne weiteres, wenn man die Vorgänge im Lager genauer betrachtet. Die gesamte in einem Lager auftretende Reibung setzt sich nämlich aus zwei Teilen zusammen:

1. der Reibung zwischen Öl und Metall, und
2. der Reibung des Öls in sich.

Bei geringer Geschwindigkeit ist Reibung zwischen Öl und Metall vorhanden und diese ist verhältnismäßig sehr groß gegenüber der inneren Reibung im Öl. Bei hoher Geschwindigkeit dagegen bildet sich um die Welle sowohl wie um die Lager-

Fig. 25: Auswertung der Auslaufskurve.

schale eine an dem Metall festhaftende Ölschicht, so daß dann nur noch innere Reibung im Öl auftritt. Die μ Kurve besteht also aus zwei durchaus verschiedenen Ästen, die nur in dem Minimumpunkte eine gemeinsame Tangente besitzen.

Gehen wir nun zu der Auslaufskurve über, so entspricht dem Minimum in der Kurve des Reibungskoeffizienten der Wendepunkt in der Auslaufskurve. Nun können wir auf Grund vorstehender Überlegung sagen, der Teil der Auslaufskurve zwischen den Linien fg und de in Figur 25 hängt im wesentlichen ab von der inneren Reibung des Öls. Der Teil der Auslaufskurve zwischen de und h hängt dagegen von der Reibung zwischen Öl und Metall ab. Verwendet man nun, wie dies in dem Ölprüfapparat ja geschieht, bei allen Versuchen dieselben Lagerschalen und dieselbe Welle, so wird

der erste Teil der Auslaufskurve zu dem zweiten Teil stets annähernd im gleichen Verhältnis stehen, da die innere Reibung sowohl wie die Reibung zwischen Öl und Metall, wenn sie auch verschiedenen Gesetzen gehorchen, doch von der dem Öl charakteristischen Konstante im wesentlichen abhängen. Es wird daher bei einem und demselben Apparat für verschiedene Öle das Verhältnis t_1 zu t_2 und somit auch von t_1 zu T das gleiche sein, so daß die Beobachtung der Zeit T uns einen vergleichsweisen Maßstab für die innere Reibung des Öls gibt und man sagen darf, die Reibungskonstante zweier Öle verhält sich umgekehrt wie die bei gleicher Tourenzahl beobachteten Auslaufzeiten. Die Güte der einzelnen Öle ist dann den Auslaufzeiten proportional. Bezeichnet man mit r_1 und r_2 die Reibungskonstante zweier Öle, mit T_1 und T_2 die bei gleicher Tourenzahl beobachteten Auslaufszeiten, so gilt die Beziehung: $r_1 : r_2 = T_2 : T_1$.

Für die Prüfung eines Öls auf seine Qualität ist die erwähnte Beziehung zwischen Auslaufzeit und Reibungskonstante ausreichend. Für eine genauere Untersuchung von Lager und Wellenmaterialien, wie überhaupt für ein eingehendes Studium der Vorgänge im Lager, wozu der beschriebene Apparat ebenfalls verwendbar ist, ist indes die Kenntnis noch einiger anderer Gesetze aus der Reibungslehre erforderlich. Alle diese Untersuchungen haben den Zweck, die Abhängigkeit des Reibungskoeffizienten von bestimmten Größen zu ermitteln. Diese Größen, als deren Funktionen der Reibungskoeffizient auftritt, sind in Kürze folgende: 1. die Umfangsgeschwindigkeit der Welle, 2. der spezifische Lagerdruck, 3. die Dicke der Schmierschicht, 4. die Lagerkonstruktion (ganzes oder geteiltes Lager), 5. die Lagertemperatur. Zu 2. besteht die Beziehung, die schon von Tower gefunden und durch die

Versuche mit dem neuen Apparat bestätigt wurde, daß der Reibungskoeffizient bei konstanter Lagertemperatur und konstanter Umfangsgeschwindigkeit der Welle sich umgekehrt proportional zum Druck ändert. Dieses Gesetz hat indes nur Gültigkeit, wenn die Dicke der Schmierschicht konstant bleibt, für deren Einfluß auf die Veränderlichkeit des Reibungskoeffizienten ein analoges Gesetz gilt wie beim spezifischen Druck. Eine konstante Schmierschicht bei allen Belastungen ist aber nur möglicht bei ganzen Lagern, während sie bei Lagern mit Trennfuge, der Kürze halber hier Teillager genannt, sich mit der Belastung ändert. Bei den erst erwähnten Lagern nimmt die Dicke der Schmierschicht bei wachsender Belastung unten ab und oben um ebensoviel zu. Die Gesamtreibung ist also stets die gleiche, d. h. die Reibung, also auch der reduzierte Reibungskoeffizient μ' ist unabhängig von der Belastung. Bei Teillagern dagegen, also bei Lagern mit unzusammenhängender Schmierschicht, wird diese bei steigender Belastung unten dünner werden ohne indes oben dicker zu werden, d. h. es wird die Reibung in der unteren Hälfte des Lagers zunehmen, in der oberen Hälfte dagegen konstant bleiben. Die Gesamtreibung also und damit μ' wird wachsen. Die Figuren 26 und 27 illustrieren diese vom Erfinder mit Hilfe seines Apparates zuerst entdeckten Beobachtungen in augenfälliger Weise. Figur 26 gibt den Verlauf der μ'-Kurve für ein ganzes Lager bei zwei verschiedenen Belastungen, Figur 27 für ein Teillager bei denselben beiden Belastungen. Bei ganzen Lagern fallen demnach die beiden μ'-Kurven fast vollständig zusammen, bei Teillagern ist der reduzierte Reibungskoeffizient in dem maßgebenden Kurventeil, d. h. hinter dem Minimum für höhere Belastungen durchgängig größer als für niedere. Auf die praktische Bedeutung dieser

Beziehung für die Untersuchung von Ölen und Lagermetallen mittelst des neuen Ölprüfapparates wird weiter unten eingegangen werden.

Es bleibt nur noch übrig, die Abhängigkeit des Reibungskoeffizienten von der Temperatur zu zeigen.

Fig. 26: Reibungskoeffizienten für geschlossene Lager.

Fig. 27: Reibungskoeffizienten für Teillager.

Auch die hierauf bezüglichen Versuche wurden mit dem neuen Ölprüfapparat vorgenommen und bestätigten den schon von Tower aufgestellten Satz, daß der Reibungskoeffizient der Temperatur umgekehrt proportional ist. Selbstverständlich gilt dieses Gesetz nicht für die Temperatur 0, da ja dann

der Reibungskoeffizient keinen bestimmten Wert erhalten würde.

Figur 22 stellt den Ölprüfapparat dar, wie er für elektrischen Antrieb gebaut wird. Der eigentliche Ölprüfer, gemäß Figur 22, besteht aus einem kräftig gehaltenen Lager, in welchem eine Welle läuft, die mit zwei Schwungscheiben versehen und mit dem Motor durch eine Stiftenkupplung verbunden ist. Dieser Ölprüfer muß in Rotation versetzt werden und zwar so, daß er ungefähr 1800—2000 Umdrehungen pro Minute macht. Hat er diese Umdrehungszahl erreicht, so wird er abgekuppelt und die Auslaufszeit der Apparatenwelle vom Augenblick der Abkupplung bis zum Stillstand beobachtet. Diese Abkupplung vom Antriebsmotor wird in folgender Weise ausgeführt: Der Anker ist einseitig und zwar nach dem Ölprüfer zu im magnetischen Felde angeordnet. Dadurch hat er das Bestreben, sich von dem Ölprüfapparat wegzubewegen, woran er jedoch durch einen an dem Endlager befindlichen Schieber verhindert wird. Zieht man jedoch den Schieber heraus, so bewegt sich der Anker durch den magnetischen Zug etwa 4—5 mm von dem Ölprüfer weg und die beiden Kupplungsstifte kommen außer Eingriff.

Außer für elektrischen wird der Apparat auch noch für mechanischen Antrieb gebaut. Bei dem mechanisch angetriebenen Apparat ist der eigentliche Ölprüfer genau der gleiche wie bei dem elektrisch angetriebenen. Die Kraftübertragung erfolgt mittels Riemen und ist hierbei sowohl als auch bei dem elektrisch angetriebenen Apparat zu beachten, daß bei mehrfachem kurz hintereinander wiederholtem Anlassen die Transmission bzw. der Motor jedesmal erst abzustellen ist, bevor der Antrieb aufs neue wieder eingerückt wird. Die Auskupplung wird in ähnlicher Weise bewirkt wie

es oben beim Motor geschildert ist und zwar wird der in der Richtung der Achse wirkende Druck durch Einfügung einer Feder erreicht, die durch Herausziehen eines Schiebers ausgelöst wird. Die Größe der Schwungscheiben ist so gewählt, daß ein in Lagern vielfach vorkommender Flächendruck erzielt wird. Der Apparat ist jedoch derart anpassungsfähig, daß er sowohl zur Öluntersuchung für schwach als auch für stark belastete Lager benutzt werden kann, indem man zwei leichte oder zwei schwere Schwungscheiben oder zwei Scheiben mit Zusatzschwungringen auswählt. Damit ist man in der Lage, ein Öl bei großem und kleinem Druck zu untersuchen. Der Apparat ist deshalb so dimensioniert, daß Platz für Zusatzschwungringe vorhanden ist, welche den Druck um ca. 70 % steigern. Beim elektrisch angetriebenen Apparat wird ein Motor mit einer Leistung von ca. $^1/_6$ PS verwendet und dieser mit dem eigentlichen Ölprüfer auf gemeinschaftlicher Grundplatte befestigt. In dieser Grundplatte ist bei den Apparaten mit Gleichstrommotor der Anlasser direkt eingebaut, bei den mit Wechselstrom oder Drehstrom versehenen Apparaten wird der Anlasser getrennt ausgeführt.

Die Untersuchung des Öles darf natürlich erst vorgenommen werden, wenn ein Beharrungszustand in bezug auf die Temperatur eingetreten ist. Dies ist notwendig, weil, wie oben gezeigt, der Reibungskoeffizient sehr stark von der Temperatur des Öls abhängt. Läßt man nun den kalten Apparat anlaufen, so steigt allmählich seine Temperatur, bis etwa nach Verlauf einer Stunde (Figur 28) ein stationärer Zustand eintritt. Um nun nicht beim Vergleich verschiedener Ölsorten jedesmal eine Stunde nutzlos bis zur Vornahme des eigentlichen Versuches warten zu müssen, wird in jedem Apparat eine im Ölsack liegende Kupferschlange eingebaut,

die mit warmem Wasser gespeist den Apparat binnen längstens 10 Minuten auf die gewünschte Temperatur bringt, so daß man beim Vergleich verschiedener Ölsorten für jede Sorte nur einen Zeitaufwand von ca. 20 Minuten benötigt. Bei dem elektrisch angetriebenen Apparat kann auch elektrische Heizung mittels Heizspiralen angeordnet werden, welche eine Erwärmung des Öls bis zu 200° ermöglicht. Das vorhin erwähnte, im Ölsack

Fig. 28: Auslaufskurve auf Dettmars Maschine.

liegende Rohr wird jedoch auch in diesem Fall eingebaut, da es unter Umständen wünschenswert erscheinen könnte, Öl bei niedriger Temperatur zu untersuchen. In solchen Fällen kann dieses Rohr zur Kühlung benutzt werden. Als bequemstes und billigstes Mittel zur beliebigen Temperaturerhöhung des Öls empfiehlt sich die Gasheizung, die überdies in Fällen, wo Temperaturen bis zu 200° erzielt werden sollen und Elektrizität nicht zur Verfügung steht, die einzig mögliche ist. Zu diesem Zwecke wird in den Lagerfuß seitlich ein am unteren Ende

geschlossenes, in der oberen Wandung mit Bohrungen versehenes Messingrohr eingebaut, welches vorn ein Mundstück zum Aufsetzen des Gasschlauches besitzt. Die Gasheizung hat vor der elektrischen noch den wesntlichen Vorzug, daß die Beschädigung irgend welcher Teile selbst dann ausgeschlossen ist, wenn durch Unvorsichtigkeit die Heizung angestellt werden sollte, ohne daß Öl im Behälter vorhanden ist, während in solchem Falle die Spulen des elektrischen Heizwiderstandes verbrennen würden. An dem Apparat ist ein Ölstandsrohr angebracht, welches mit einer Marke versehen wird, so daß der Apparat stets gleichmäßig hoch gefüllt werden kann. Im Deckel des Apparates befindet sich an geeigneter Stelle ein Loch zur Einführung eines Thermometers, welches so einzubringen ist, daß es die Temperatur der mittleren Ölschicht mißt. Die Welle des Ölprüfers hat einen Durchmesser von 30 mm, so daß sich bei einer Umdrehungszahl von 2000 pro Minute eine Umfangsgeschwindigkeit der Welle von 3,14 m pro Sekunde ergibt. Man ersieht daraus, daß alle im Lager vorkommenden Geschwindigkeiten in den Untersuchungsbereich gezogen werden können. Will man nun beispielsweise ein Öl ermitteln, welches für hohe Geschwindigkeit gut ist, so läßt man den Apparat von etwa 2000 Umdrehungen an auslaufen, läßt ihn weiter nochmals von 1000 Umdrehungen an auslaufen und hat dann aus der Differenz der beiden Zeiten ein Maß für das Verhalten des Öls bei hoher Geschwindigkeit. Will man dagegen ein Öl für niedrige Umfangsgeschwindigkeit aussuchen, so läßt man den Apparat von 1000 Umdrehungen an auslaufen, während man für mittlere Geschwindigkeiten den Apparat von 2000 Umdrehungen an auslaufen läßt. Man ersieht, daß der Apparat in der Lage ist, nach dieser Richtung hin den gestellten Anforderungen zu genügen. Will man

mehrere Öle miteinander vergleichen, so ist es nicht notwendig, jedesmal den Apparat auseinander zu nehmen, sondern es genügt, wie mehrfache Versuche ergeben haben, ein zweimaliges Hindurchlaufenlassen von Benzin und zweimaliges Ausblasen des Ölsackes mit Luft. Es wird dann jede Spur des vorhandenen Öls beseitigt, so daß eine Beeinflußung der einzelnen Resultate untereinander nicht eintritt. Um Änderungen in den Eigenschaften des Apparates unschädlich zu machen, wird jeder Ölprüfer vor dem Versand mit einem als Normalöl angenommenen leichtflüssigen Vaselinöl geaicht und die Ergebnisse dieser Prüfung bezüglich Tourenzahl, Auslaufzeit, Temperatur usw. dem Apparat in Tabellenform beigegeben. Vermutet man nun im Laufe der Zeit eine Änderung im Meßresultat, sei es infolge mechanischer Beschädigung oder mangelhafter Wartung des Apparates, so hat man nur nötig, eine Nachprüfung mit dem Normalöl vorzunehmen und alle Auslaufszeiten im Verhältnis der ursprünglichen zu der zuletzt gewonnenen Auslaufszeit des Normalöls zu reduzieren.

Es möge nun jetzt beschrieben werden, in welcher Weise die Prüfung des Öls vorzunehmen ist.

a) Vergleich verschiedener Ölsorten.

Es wird zunächst eine Sorte eingefüllt. Der Apparat wird auf eine Umdrehungszahl von ca. 1800—2000 gebracht, um ihn dann bei dieser Umdrehungszahl einlaufen zu lassen. Durch Hindurchlaufenlassen von warmem Wasser oder mittels elektrischer oder Gasheizung wird eine Temperatur von 40° hergestellt. Ist diese erreicht, so bestimme man die Umlaufzahl des Apparates, kupple darauf den Antrieb in der oben näher beschriebenen Weise ab und beobachte die Zeit der Auskupplung. Die Umdrehungszahl nimmt allmählich ab, bis der Apparat nach einiger Zeit, je nach der Güte des

Öls, zum Stillstand kommt. Diese Zeit konstatiert man und hat somit die Sekundenzahl, welche der Apparat zum Auslaufen von der gemessenen Umlaufzahl an benötigt. Man reinige den Apparat, wie oben beschrieben, durch Hindurchlaufenlassen von Benzin, bringe die zweite Ölsorte hinein und verfahre nun wiederum wie oben angegeben mit diesem und mit den andern zu prüfenden Ölen. Die Reibungskonstante der einzelnen Öle steht dann, wie auf Seite 212 erläutert, im umgekehrten Verhältnis zu den beobachteten Zeiten. In genau derselben Weise wie bei flüssigen Ölen läßt sich der Apparat auch zur Untersuchung von konsistentem Fett benutzen.

b) Untersuchung eines Öls auf Reibungskoeffizient und Reibungskonstante.

Man geht in der gleichen Weise wie bei a) beschrieben vor und ermittelt die Tourenzahl wie die dazu gehörige Zeit bis zum Stillstand. Dann ist der Reibungskoeffizient bei einem Druck von 1 kg pro qcm $\mu' = k_1 \frac{\text{Tourenzahl pro Minute}}{\text{Zeit in Sekunden}}$.

Die Reibungskonstante ist

$$r = k_2 . \frac{\sqrt{\text{Tourenzahl pro Minute}}}{\text{Zeit in Sekunden}},$$

wo k_1 und k_2 zwei Konstante sind, welche jedem Apparat beigefügt werden und somit die numerische Berechnung des Reibungskoeffizienten und der Reibungskonstante ermöglichen.

c) Untersuchung über Abhängigkeit der Lagerreibung von Druck, Schmierschichtdicke und Lagermetall.

Zum Studium der Abängigkeit der Lagerreibung vom Druck wird der Apparat mit Doppelschwungscheiben versehen. Da die Größe der Reibung ganz wesentlich von der Dicke der Schmierschicht

abhängt, so wird bei diesem Apparat eine zweite um ein ganz wenig dünnere Welle mitgeliefert, welche die Dicke der Schmierschicht annähernd verdoppelt. Des weiteren wird außer der normalen Lagerschale, welche ganz geschlossen ist, noch eine halbe Lagerschale mitgeliefert, um die Vorgänge in geteilten Lagern und den Einfluß des Lagermaterials untersuchen zu können. Wollte man den Einfluß des Lagermetalls durch Versuche an ungeteilten Lagern ermitteln, so wäre es nötig, die verschiedenen Lagerschalen auf ein Tausendstel Millimeter genau auszuführen, wenn man einigermaßen sichere Resultate erhalten will, denn da bei ungeteilten Lagerschalen, wie Seite 213 näher ausgeführt wurde, die Schmierschichtdicke im Wellendurchmesser zu rechnen ist, so würde eine geringe Abweichung in der Bohrung der neuen Lagerschale eine Änderung der Dimensionen der Schmierschicht und damit der gesamten Reibungsverhältnisse herbeiführen.

Ausführbar ist dagegen der Versuch, wenn man Teillagerschalen benützt. Da bei diesen nur der untere, tragende Teil der Ölschicht für die Reibung in Betracht kommt, so wird, wenn man bei den Vergleichen stets dasselbe Öl nimmt, die Dicke der Schmierschicht auch bei nicht genau übereinstimmender Bohrung der Lagerschalen, gleiche Belastung vorausgesetzt, immer dieselbe sein. Man kann daher, nach dem Verhältnis der Auslaufzeiten direkt den Einfluß der verschiedenen Lagerschalen auf die Reibung beurteilen.

Schließlich ist man noch imstande, mittelst der halben Lagerschalen das Verhalten eines Öls im Teillager zu untersuchen, was für Betriebe, die viel mit solchen Lager arbeiten, von Bedeutung ist; denn da, wie oben nachgewiesen, mit Veränderung der Belastung bei Teillagern auch die Dicke der

Schmierschicht sich ändert, so kann sehr wohl der Fall eintreten, daß ein Öl sich für ganze Lager eignet, während es für Teillager nicht zweckmäßig ist.

Ferner bringt die Firma C. & E. Fein in Stuttgart einen Ölprüfapparat auf den Markt, der von Dr. Kapff in Aachen erfunden ist und bei dem die Untersuchung der Öle durch direkte Messung Reibungsarbeit, das heißt des Kraftverbrauchs einer in dem mit der zu untersuchenden Ölsorte geschmierten Spindel erfolgt. Figur 29 zeigt den Apparat. Die durch einen kleinen Elektromotor angetriebene Spindel, läuft in dem zu prüfenden Öle auf einem gehärteten Spurzapfen. Das Öl wird in das aus einem inneren und einem äußeren Teil bestehende Gefäß gefüllt und gelangt durch eine im inneren Teil befindliche durchbohrte Hülse, welche mit dem Spurzapfen verschraubt ist, zur Spindel. Ein seitlich in den inneren Teil des Gefäßes eingeführtes Thermometer gestattet jederzeit die Temperatur des Öls abzulesen, die durch einen unter dem Gefäß anzubringenden Heizkörper für Gas oder Spiritus oder sonst einen Wärmeträger auf jede beliebige Höhe gebracht werden kann. Da die im äußeren Teil des Gefäßes befindliche Ölmenge ziemlich beträchtlich ist im Verhältnis zu derjenigen des inneren Teils, ist erreicht, daß nach Entfernung der Wärmequelle der Temperaturabfall sehr langsam vonstatten geht, so daß innerhalb der zur Untersuchung benötigten Zeit die erreichte Temperatur für praktische Fälle konstant bleibt. Eine Verschlußschraube schließt die Auslaßöffnung für das Öl im inneren Teil des Gefäßes; der äußere Teil kann statt mit Öl auch mit Wasser, Sand oder sonst einem Wärmeleiter gefüllt werden. Die genau zentrische Lage des Spurzapfens mit der Motorwelle ist dadurch gesichert, daß das untere Lager

des Motors und das Gefäß in einen gemeinsamen gußeisernen Hohlkörper eingebaut sind. Zur be-

Fig. 29: Ölprüfmaschine nach Kapff.

liebigen Regulierung der Belastung des Spurzapfens sind Gewichte auf der Motorwelle aufgesetzt, während die Umdrehungszahl der letzteren durch ein Gyro-

meter direkt angegeben wird. Der Motor ist mit der Spindel durch eine Kupplung verbunden, um nach Lösen derselben den unteren Teil des Apparates bequem herausnehmen zu können.

Als Motor ist ein Hauptstrommotor verwendet. Derselbe erhält zwei verschieden starke Wicklungssysteme, wodurch eine beliebige Einstellung der minutlichen Umdrehungszahl zwischen 800 und 300 bzw. zwischen 2000 und 8000 ermöglicht ist. Die grobe bezw. feine Regulierung erfolgt durch zwei verschiedene Regulatoren. Ein Amperemeter dient zur Messung der Stromstärke, ein Voltmeter zur Spannungsmessung, und das Produkt der Ablesung beider Instrumente ergibt den Kraftverbrauch in Watt.

Diese Größe ermöglicht nun einerseits den Vergleich zweier Ölsorten miteinander, indem das die geringste Wattzahl ergebende Öl, abgesehen von seinen sonstigen Eigenschaften, das beste ist; andererseits ermöglicht diese Größe die direkte Bestimmung des Wertes einer Ölsorte, indem man davon die durch Massen des Leerlaufstroms und des Leerlaufwiderstandes des Elektromotors bestimmte Leerlaufenergie für die betreffende Tourenzahl sowie den aus dem Produkt von dem Quadrat der Stromstärke mal Widerstand sich ergebenden Spannungsverlust im Motor abzieht. Die Ablesungen von Volt- und Amperemeter sind selbstverständlich jedesmal erst dann vorzunehmen, wenn der Beharrungszustand der Öltemperatur und des Spindeleinlaufens eingetreten ist, was man dann hat, wenn bei der betreffenden Umdrehungszahl die Zeiger konstant stehen bleiben.

Die durch den Apparat sich ergebenden Resultate sind in Figur 30 graphisch dargestellt.

Die Figur zeigt das Verhalten der Öle I bis III bei zunehmendem Druck und konstanter Tourenzahl

und Temperatur. Öl I verbraucht z. B. bei einem Druck von 4 kg pro qcm ca. 47 Watt, Öl III dagegen nur 40 Watt; bei 7 kg/qcm Druck haben beide denselben Kraftverbrauch, während bei 24 kg/qcm Druck Öl I ca. 12 Watt weniger verbraucht. Dieses zeigt also, daß für Schmierung von Lagern, deren spezifischer Druck unter 7 kg pro qcm liegt, Öl III am vorteilhaftesten und für darüber liegende spezifische Pressungen dagegen Öl I am rentabelsten ist unter Voraussetzung konstanter Temperatur und Tourenzahl. Durch Auf-

Fig. 30: Prüfungsergebnisse mit der Kapffschen Maschine.

stellung der obigen Diagramme läßt sich also in sehr übersichtlicher Weise die Wirkung der Schmieröle für die jeweils eingestellten Verhältnisse ermitteln.

Ein ebenfalls auf der Messung der direkten Reibungsarbeit zwischen den sich gegeneinander verschiebenden Ölpartikelchen beruhendes Verfahren liegt dem unter D. R. P. 139 741 patentierten Ölprüfapparat von Wilke, gebaut von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin, zugrunde, dessen Konstruktionsprinzip durch Figur 31 schematisch dargestellt ist. Der Behälter K von kreisförmigem Querschnitt hat an zwei einander diametral gegen-

überliegenden Stellen tangential einmündende Steigrohre R und R_1, so daß das Ganze eine kommunizierende Röhre bildet. In K ist ein Flügelrad F eingesetzt, das, durch einen kleinen Elektromotor angetrieben, sich im Sinne des Uhrzeigers bewegt. Dadurch gerät nun die in K befindliche Ölmenge

Fig. 31: Schema des Ölprüfers der A. E. G.

in Rotation und bewegt sich an den Einmündungsstellen der Steigrohre tangential an den darin befindlichen Ölsäulen vorbei. Durch die dabei an den Berührungsstellen entstehende Reibung der Ölteilchen werden die Ölpartikelchen der Ölsäulen R und R_1 im Sinne der Drehrichtung verschoben, so daß diejenigen von R allmählich nach R_1 gelangen und dort ein Steigen der Öloberfläche verursachen,

während in R die Höhe der Ölsäule abnimmt. Die dabei geleistete Reibungsarbeit besteht also im Heben des Gewichts einer Ölsäule entsprechend der Niveaudifferenz zwischen R und R_1 nach vollendeter Drehung von F. Da der Querschnitt der Steigrohre

Fig. 32: Ölprüfmaschine der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin.

konstant ist, kann derselbe gleich 1 gesetzt werden, so daß bei einer Niveaudifferenz von a Teilstrichen zwischen R und R_1 und einem spezifischen Gewicht γ der betreffenden Ölsorte bei der Versuchstemperatur die geleistete Reibungsarbeit sich ergibt zu $A = a \cdot \gamma$. — Dieselbe wird an dem Umfang des Flügelrades geleistet und ändert sich entsprechend

dessen Umfangsgeschwindigkeit. Die Ausführung des ganzen Apparates ist in Figur 32 dargestellt; das in der Ölkammer K laufende Flügelrad ist durch eine Gelenkkupplung mit einem kleinen Elektromotor verbunden, dessen Tourenzahl durch den Regulator W in weiten Grenzen variiert werden kann. Die Tourenzahlen werden an dem genauen Tachometer T abgelesen, während der Kraftverbrauch des Motors an dem auf der Hinterwand des Apparates montierten Volt- und Amperemeter abgelesen wird. Die Steigrohre R und R_1 liegen vor einer graduierten Skala.

Die jeweils zu untersuchende Ölsorte wird durch die mit Schraube s verschlossene Öffnung eingebracht, doch ist vor Beginn der Versuche sorgfältig darauf zu achten, daß in dem Öl keinerlei Luftblasen mehr vorhanden sind, was man durch Drehen des Schwungrades von Hand erreicht; die Füllung wird soweit vorgenommen, daß das Öl z. B. in beiden Steigrohren auf ungefähr 160 steht, worauf die genaue Einstellung beider Seiten etwa auf den Skalenwert 150 durch entsprechendes Ablassen von Öl durch den unteren Abflußhahn erfolgt, wodurch die etwa noch im Abflußrohr befindliche Luft beseitigt wird. Es lassen sich nun mit der betreffenden Ölsorte folgende Versuche in dem Apparat anstellen:

1. Bestimmung des Reibungswiderstandes für verschiedene Touren bei konstanter Temperatur. Zu diesem Zweck wird der Motor durch Schließen des Schalters angelassen und die Tourenzahl sukzessive durch Schalten des Widerstandes W erhöht. Für jede Tourenzahl, die bei T abgelesen wird, ist die Höhendifferenz der Flüssigkeitssäulen, die Temperatur, z. B. bei Untersuchung des Öles bei Zimmerwärme diese, sowie Volt- und Amperemeter abzulesen. Der Versuch wird solange fortgesetzt, bis die Höhendifferenz sich über die ganze Skala erstreckt. Die erhaltenen Differenzwerte werden

nun mit dem spezifischen Gewicht der Ölsorte bei der betreffenden Temperatur multipliziert und als Ordinaten in einem Diagramm aufgetragen, während aus den Tourenzahlen und dem Durchmesser des Flügelrades dessen Umfangsgeschwindigkeiten ermittelt und als Abszissen aufgetragen werden. In Figur 33 ist dieses für dieselbe Ölsorte für Temperaturen von 16° C bzw. 51° C ausgeführt. Das Diagramm zeigt also das Verhalten einer Ölsorte für 16° und 51° bei wachsender Geschwindigkeit. Kommen nun z. B für einen Betrieb die Geschwindigkeiten zwischen 10 und 20 in Betracht und eine Temperatur von 16°, so bildet man z. B. für zwei Ölsorten die betreffenden Kurven, in Diagramm Figur 33 die entsprechend gekennzeichneten Kurven, und findet dann direkt, daß z. B. Öl II für den vorliegenden Fall eine größere Reibungsarbeit erfordert, also in dieser Beziehung ungünstiger ist. Allerdings käme nun noch der Druck in Betracht, dieser ist im vorliegenden Apparat der gewöhnliche Luftdruck. Durch Verbindung der dann oben offenen Röhren R und R_1 mit einer kleinen Luftdruckpumpe läßt sich der Apparat ohne weiteres zur Bestimmung der Koeffizienten bei verschiedenen Druckverhältnissen benutzen.

Fig. 33: Kurven für 16° und 51°.

Die direkte Messung der Reibungsarbeit läßt sich bei dem unter 1 genannten Versuch in einfachster Weise graphisch darstellen, indem man von den an Volt- und Amperemeter abgelesenen Werten die Leerlaufarbeit des Motors abzieht und die er-

haltenen Werte als Ordinaten, die Geschwindigkeiten als Abszissen aufträgt.

2. Bestimmung des Reibungswiderstandes für konstante Geschwindigkeit und wachsende Temperaturen. Zu diesem Zweck bringt man den Apparat, d. h. die Ölkammer mit den Steigrohren, in ein Wasserbad, dem man durch Wärmezufuhr mittels elektrischer Heizspiralen in bestimmten Intervallen steigende Temperaturen gibt. Die Öltemperatur ist dabei in der Kammer K durch ein dort einzuführendes Thermometer zu messen und jeweils der Beharrungszustand abzuwarten. Man läßt dann den Motor mit konstanter Tourenzahl laufen und notiert wie früher Höhendifferenz, Stand von Ampere- und Voltmeter, Temperatur und Tourenzahl. Trägt man dann die mit dem spezifischen Gewicht der betreffenden Ölsorte bei jeder betreffenden Temperatur multiplizierten Werte der Höhendifferenzen als Ordinaten und die Temperaturen als Abszissen auf, so erhält man die Reibungskurven für steigende Temperaturen. Figur 34 zeigt z. B. in den ausgezogenen Kurven das Verhalten einer Ölsorte A einmal für 2,0 m sekundliche Geschwindigkeit und einmal für eine andere Geschwindigkeit, die punktierten Kurven das Verhalten einer Ölsorte B bei den gleichen Verhältnissen. Je nach dem Betrieb kann man dann aus diesen Kurven das dafür vorteilhafteste Öl erkennen. Auch hierbei läßt sich der direkte Wert des Reibungswiderstandes, also unabhängig von den

Fig. 34: Kurven für verschiedene Geschwindigkeiten.

Konstanten des Apparates, bestimmen, indem man von den Ablesungen an Volt- und Amperemeter die Leerlaufswerte des Motors mit Flügelrad in Abzug bringt und die erhaltenen Werte als Ordinaten, die Temperaturen als Abszissen aufträgt. Ebenso wäre auch hier eine Berücksichtigung der Druckverhältnisse sehr vorteilhaft.

Während die bisher beschriebenen Ölprüfapparate die Bestimmung der Reibungsarbeit durch Messung des Kraftverbrauchs des Antriebsmotors abzüglich dessen Leerlaufsarbeit bewirken, ist in neuerer Zeit in Amerika ein Ölprüfapparat konstruiert, der die Reibungsarbeit in Torsion eines Stahldrahtes umsetzt und diese Größe mißt. In Figur 35 ist die allgemeine Anordnung der Torsions-Ölprüfmaschine schematisch dargestellt, und zwar in einer Ausführung, um direkt die Verhältnisse an Lagern betriebsfertiger Maschinen zu messen. Es ist a der Spindelkopf einer Bohrmaschine, die in bekannter Weise angetrieben wird. Doch kann auch der Apparat vollständig selbständig aufgestellt werden, indem für a eine extra für denselben hergestellte Welle benutzt wird, die z. B. ähnlich wie die in den anderen Ölprüfapparaten durch einen Motor oder dgl. angetrieben werden kann. Welle a läuft in dem von einem Ölgehäuse b umgebenen Lager c, das je nach den gewünschten Untersuchungen als ganz geschlossenes, zwei-, drei- oder mehrteiliges Lager ausgebildet werden kann. Durch eine außer-

Fig. 35: Torsions-Ölprüfmaschine.

halb des Ölgefäßes angeordnete Spiralfeder d wird der jeweils gewünschte Lagerdruck durch entsprechende Einstellung der Druckschraube erzeugt und kann auf einer an dieser angebrachten Skala abgelesen werden. Der das Lager aufnehmende Ölbehälter b ist durch Bügel e mit einem Zapfen f verbunden, der als unterer Drehzapfen dient und frei in der im Arm m, der am Gestell befestigt ist, angebrachten Büchse drehbar ist und sich noch ca. 50 cm unterhalb derselben erstreckt. Auf einer auf Arm m festgelagerten graduierten Scheibe g sitzt ein Bügel h, in dessen Kopfende ein Stahldraht i in der bei Torsionsinstrumenten üblichen Weise aufgehängt ist, welcher durch die Spindel f hindurchgeht, an deren unterem Ende er befestigt ist. Die Wirkungsweise besteht nun darin, daß in die Ölkammer b die zu untersuchende Ölsorte eingeführt und durch Loch k ein Thermometer zur Temperaturbestimmung, sowie die Feder d auf den gewünschten Druck eingestellt wird. Sodann bringt man Welle a in Rotation und durch die dabei auftretende Reibung erfolgt eine entsprechende Verdrehung der Lagerschalen, damit auch des Ölgehäuses und unter Vermittlung von Bügel e wird die Spindel f gedreht werden. Infolgedessen wird auf Draht i ein Torsionsmoment ausgeübt, das unter einem über der graduierten Scheibe angebrachten Zeiger auf dieser abgelesen wird. Außerdem kann durch eine entsprechende Wärmequelle die Ölkammer auf verschiedene Temperaturen erwärmt werden, so daß man also z. B. das Verhalten der Öle bei konstantem Druck und veränderlichen Temperaturen, bei veränderlichen Umdrehungen oder z. B. bei wachsendem Druck und konstanten Temperaturen usw. bestimmen und Vergleichskurven bilden kann.

Zur Bestimmung direkter Reibungsarbeiten ist die Konstante des Apparates zu bestimmen, d. h.

dasjenige Drehmoment, das zum Verdrehen des Drahtes um einen Grad des Zeigers über der Indexscheibe erforderlich ist. Zu diesem Zweck windet man eine Schnur um eine auf die Spindel f aufzusetzende Trommel, führt sie über entsprechende Rollen und belastet sie mit den erforderlichen geeichten Gewichten. Ein mit diesem Apparat vorgenommener Versuch zeigte folgenden Hergang: Zur Bestimmung des Drehmoments wurde eine

Fig. 36: Kurven für verschiedene Temperaturen.

Trommel von 105 mm Durchmesser verwendet, die Schnur hatte 962 mm Stärke, so daß für das Moment der Hebelarm 52,81 mm in Betracht kommt. Der Lagerdurchmesser ist 35 mm, das angehängte Gewicht war 906 g und erzeugte 155° Verdrehung des Drahtes, abgelesen an der Teilscheibe. Die für 1° Verdrehung an dem Umfang der Spindel a von 35 mm Durchmesser erforderliche Kraft beträgt somit H und ergibt sich aus der Beziehung: $H. \frac{35}{2} = \frac{52{,}81 \,.\, 906}{155}$,

es entspricht also 1° Verdrehung 17,7 g. Die Diagramme in Figur 36 zeigen nun die Reibungsverhältnisse für Maschinenöl bei konstanten Tourenzahlen, einmal für 104 und einmal für 260 minutliche Umdrehungen und wachsenden Temperaturen. Die Versuche fanden unter einer Totalbelastung von 725 kg entsprechend 48,5 kg pro qcm des Lagers statt. Es wurde z. B. bei 30° C Temperatur eine Drehung des Zeigers um 81° beobachtet, entsprechend 1,432 kg tangential am Lager wirkend oder 0,248 kg/qcm. Der Reibungskoeffizient ist also für diese Temperatur $\frac{1{,}43^2}{725} = 0{,}00198$; aus den Kurven in Figur 36 ist derselbe ohne weiteres für die verschiedenen Temperaturen ablesbar. Wie bereits bemerkt, lassen sich auf ähnliche Weise mit diesem Apparat auch alle weiteren Verhältnisse berücksichtigen.

Auf Grund von Untersuchungen mit den Apparaten von Dittmar, Kapff, sowie der A. E. G. kam Prof. Kirsch vom K. K. Technologischen Gewerbemuseum in Wien auf die Konstruktion eines sehr zweckmäßigen Apparates, über dessen Konstruktion und Wirkungsweise wir den eignen Ausführungen des Erfinders in den „Mitteilungen" genannten Institutes, Jahrgang 1906, Heft I, folgendes entnehmen:

Der wichtigste Punkt bei der maschinellen Schmierölprüfung ist zweifellos das eigentliche Lager; es fragt sich nur, ob man den Tragzapfen oder Spurzapfen wählen soll. Hier dürfte folgender Umstand entscheidend sein. Allzu große Dimensionen der Maschine müssen aus naheliegenden Gründen vermieden werden; da aber die Reibungswiderstände im Öl und insbesondere auch die Unterschiede der Reibungswiderstände bei verschiedenen Ölen gleicher Verwendungsart (ob Zylinder-, Spindel- oder Maschinenöl) nur sehr gering sein können, so handelt es sich um Bestimmung sehr kleiner Arbeitsbeträge.

Unter Voraussetzung genauester Meßinstrumente dürfen diese Arbeitsbeträge nicht über ein gewisses Minimum herunterkommen, da sonst die Fehler relativ zu groß werden. Es muß also eine untere Grenze für die Größe des Lagers eingehalten werden. Da nun die zu messenden Arbeitsbeträge an sich schon sehr klein sind, so empfiehlt es sich, die Konstruktion der Maschine so zu wählen, daß Verbrauch an Arbeit in allen Beziehungen, die für die Prüfung unwesentlich sind, möglichst vermieden wird. Aus diesem Grunde ist die stehende Welle zu bevorzugen, da dieselbe, wie im Kapffschen Apparat, nur zwei führende Kugellager braucht. Der Spurzapfen hat allerdings den Nachteil verschiedener Geschwindigkeiten, doch kann man leicht durch Wahl eines Kreisringes als Fußfläche zu genügend wenig verschiedenen Geschwindigkeiten gelangen. (Siehe Aussparung f in Figur 37.)

Fig. 37: Schnitt durch die Ölprüfmaschine von Kirsch.

Es gibt aber noch einen sehr wichtigen Grund, warum es sich empfiehlt, das Spurlager, also stehende Welle, zu bevorzugen. Dies ist die Präzision, mit welcher die ebene Schmierfläche hergestellt werden kann und die Möglichkeit jeder Schichtendicke.

Die Zuführung des Öls hat durch Schmiernuten zu geschehen, und zwar mit solchem Druck, daß das Öl, solange der Spurzapfen noch nicht aufgesetzt ist, langsam aus der Zuführungsöffnung herausquillt; man hat damit die Sicherheit, daß die Schmiernuten gewiß mit Schmiernuten erfüllt sind.

Der genannte Druck wird in einer Art Schmier-

büchse erzeugt, in welche das Probeöl gebracht wird. Ein Gummiball (wie bei Parfümspritzen) wird immer gespannt gehalten, es wirkt auf diese Art ein pneumatischer Druck von ca 0,1 Atmosphären.

Bei sehr zähen Schmierstoffen (Starrschmieren) genügt dieser Druck nicht und ist dann eine Vorrichtung mit Kautschuckpfropf gewählt worden, der durch Schraubendruck auf einen Kolben wirkt, also nicht mit dem Schmierstoff direkt in Berührung kommt.

Bei der Schwierigkeit, einen Spurzapfen gut zu schmieren, empfiehlt es sich, bei den Schmiernuten nach Figur 38 eine Abschrägung der Lauffläche von der Schmiernute weg vorzunehmen, damit das Öl leichter in die Schmierfläche mitgenommen wird. Diese Verkleinerung der Lauffläche muß natürlich in Rücksicht gezogen werden, wenn die spezifische Belastung erhoben wird.

Fig. 38.

Das während der Schmierung und dem Umlauf des Zapfens an der Seite austretende Öl wird, soweit es außen erscheint, in eine umlaufende Rinne g, Figur 37, gesammelt und tropft direkt in eine Mensur. Das in den inneren Hohlraum h nach der Schmierungsarbeit tretende Öl darf sich dort nicht sammeln, weil sonst der Raum sich allmählich füllt und das Öl in Berührung mit dem Spurzapfen an solchen Flächen tritt, die nicht Laufflächen sind. Die Reibung des im Hohlraume angesammelten Öls an diesen Flächen würde mit zur Geltung kommen und dieser Arbeitsbetrag als Fehler auftreten, wenn auch keine Kapillarwirkung in diesem Hohlraume entstände. Man muß eben dafür sorgen, daß bei den außerordentlich kleinen Arbeitsbeträgen gerade nur die Lauffläche benetzt ist; das ausgetretene Öl, welches seine Arbeit verrichtet hat, muß sogleich abgeführt werden, damit auch

nicht einmal ein kleines Benetzungsquantum der Spurzapfenflächen (die nicht Schmierflächen sind) mit in Umdrehung versetzt werden muß. Zu diesem hier besprochenen Zwecke muß also von dem Hohlraum h eine Bohrung führen, die ein Abfließen des Öls von dort in die oben angeführte umlaufende Rinne oder direkt in die Mensur gestattet.

Die Temperatur des schmierenden Öls bestimmt man am besten durch Regulierung der Temperatur des Fußlagers, welches aus Metall ist, also die Wärme gut leitet, so daß, wenn das Thermometer nur nahe genug unter der Lauffläche steckt, die Temperatur des Lagerkörpers an der Schmierfläche sicher gleich der bei der Thermometerkugel angenommen werden kann. Bei der Dünnheit (0,007—0,07 mm) der Schmierschicht darf ferner angenommen werden, daß die schmierende dünne Ölschicht die Temperatur des Lagerkörpers besitzt. Da das zugeführte Öl aber in einer dünnen Bohrung b durch den Lagerkörper passiert, so wird es schon angenähert während des Stehens (oder Langsamfließens) in dieser Bohrung auf die Temperatur des Lagerkörpers gebracht. Die Heizung durch Bäder von Öl ist deshalb nicht empfehlenswert, weil Öl den Wärmezuführungen von außen sehr langsam folgt und daher eine genaue Regulierung der Temperatur bedeutend erschwert, mindestens aber sehr verlangsamt wird. Man wählte daher eine elektrische Heizung C, die sich unten direkt an den Lagerkörper anlegt und bequem sowie sauber hantieren läßt. Bei den hier beschriebenen Einrichtungen ist nach Herausnahme des Thermometers und des Ölzufuhrröhrchens sowie Lösung der Drähte der elektrischen Heizung das ganze Lagerstück leicht und vollkommen zu reinigen. Das Stück wird in Benzin gebadet und geschwemmt, dann mit Bürstchen, die vorher in reines Benzin getaucht waren, behandelt und

schließlich mit weichen Lappen frottiert. Es bleiben so nicht die leisesten Spuren eines vorher geprüften Öls zurück, die sich mit einem folgenden Probeöl mischen könnten. Zum Schluß bläst man mit Gummischlauch und Ballon oder mit Wasserstrahlgebläse bis zur Verflüchtigung der letzten kleinen Benzinreste alles durch.

Das hier beschriebene Lager erfordert ein sehr geringes Quantum Probeöl. Mit etwa 50 cm^3 ist die ganze Untersuchung zu machen; im Notfall auch mit viel weniger. Spurzapfen und Lager sind beziehungsweise aus Stahl und Eisen; der Lagerkörper wurde mit Lagermetall übergossen. Um allen Anforderungen des Betriebes gerecht zu werden, ist auch ein Lagerstück aus Bronze und eines aus Eisen vorhanden. Das letztere wird besonders für Zylinderöle in Verwendung genommen, da dieselben ja auch in praxi Stahl auf Eisen schmieren. Lagermetalle würden auch die hier notwendigen Temperaturen von 100—300° C nicht ohne Schaden ertragen. Die elektrische Heizung arbeitet derart bequem und genau, daß die Temperatur in wenigen fünf Minuten auf Zehntelgrade genau eingestellt ist und erhalten werden kann.

Der Spurzapfen A trägt eine Kugel, auf welcher die Achse b des Antriebsmotors sich auflegt. Diese Achse trägt den Elektromotor zwischen den zwei Kugellagern, die beim Umlaufen nur vertikal führend wirken. Von der Motorachse, die also samt Motor von dem Spurzapfen unterstützt ist, zum Zapfen führt eine Kupplungsmuffe, die dem in die Muffe ragenden Zapfen des Spurzapfenkörpers genügend Spiel läßt, falls seitliche Bewegungen notwendig werden sollten. Zwei Schlitze in der Muffe und zwei kleine Dorne am hineinragenden Zapfen bewirken das Mitnehmen. Die Muffe ist bei der Drehung durch eine Schraube an der Achse ge-

halten. Soll der Spurzapfen herausgenommen und gereinigt werden, so löst man die Arretierungsschraube, schiebt die Muffe in die Höhe und zieht den Spurzapfen seitlich weg, und zwar samt aufsitzendem Kugellager, über dessen Zweck sogleich gesprochen werden soll.

Es muß nun das Lager verschiedene Drücke bekommen und sollten dieselben wenigstens bis zu 50 Atmosphären gesteigert werden können. Wollte man die Drücke am oberen Ende der Motorachse aufbringen, wie beim Kapffschen Apparat, so ist die elastische Ausbiegung dieser Achse, welche jetzt in keiner Weise auf Biegung beansprucht wird, zu befürchten und damit eine veränderliche horizontale Druckbeanspruchung der Kugellager zu gewärtigen. Eine Leerlaufreibung zu bestimmen, würde hier nichts helfen, denn gerade während des Schmierversuchs könnte die Reibung der Kugellager eine andere sein als vor und nach dem Versuch. Prof. Kirsch wählte zwei symmetrisch angebrachte kleine hydraulische Pressen, da direkte Gewichtswirkung mit Hebel nur bei ganz kleiner Schmierfläche (wie bei Kapff etwa 1 cm^2) möglich wäre und nach oben gegebener Begründung eine untere Grenze für die Größe der Schmierfläche eingehalten werden muß. Die Fläche beträgt etwa 10 cm^2 bei ca. 4 cm Durchmesser des Kreisringes. Der Druck seitens der zwei kleinen Pressen beträgt etwa 500 kg und kann natürlich während der Drehbewegung nur durch ein Kugellager b, d. h. möglichst reibungslos vermittelt werden. Es müssen freilich Mittel und Wege gefunden werden, die Reibung in einem solchen Kugellager genau zu bestimmen, weil dessen Reibungsarbeit gleichzeitig mit der fraglichen Arbeit im Öl als Summe beider abgelesen wird. Beide Pressen werden von demselben Druckerzeuger gespeist und das Manometer an dem letzteren trägt

eine Teilung, die der Schmierfläche und der Querschnittsfläche der Pressen entsprechend direkt den Lagerdruck in Atmosphären gibt. Von einer selbsttätigen Regulierung des Drucks wurde abgesehen, da dies den Apparat unnötigerweise kompliziert gemacht hätte und der Beobachter, wenn er auch auf vieles gleichzeitig zu achten hat, doch noch ganz gut an dem Druckregler den Manometer auf gleicher Ablesung halten kann.

Es erübrigt nun noch die Tourenzählung, welche bei der Art der hier in Betracht kommenden Versuche eine momentane Anzeige der Schnelligkeit und eine die Drehbewegung womöglich gar nicht — und wenn schon, dann wenigstens in möglichst geringem Grade — hemmende Funktionierung besitzen soll. Hierdurch sind Tourenzählungen mit Stechzählern aus zwei Gründen ausgeschlossen, einmal erfordern sie nicht unbedeutende Dreharbeit (und diese ist je nach dem Anrücken verschieden stark bremsend), anderseits erfordern sie einige Zeit, ehe man die Tourenzahl erfährt, eine Zeit, innerhalb welcher schon weitere Geschwindigkeitsänderungen eingetreten sein können. Stechzähler sind für solche Fälle, wo große Massen in gleichmäßiger Umdrehung begriffen sind oder auf Genauigkeit kein so großes Gewicht wie im vorliegenden Falle gelegt werden muß, recht gut verwendbar. Sobald aber eine sehr schnell veränderliche Tourenzahl bestimmt und auf Grund der Angaben des Tourenzählers eine Regulierung der Schnelligkeit vorgenommen werden soll, sind Stechzähler absolut unbrauchbar. Die Tachometer sind in der Beziehung besser, aber etwas schwerfällig, erfordern überdies viel Arbeit zur Überwindung ihrer inneren Reibung, und das wichtigste ist, daß sie nicht „zwangläufig" sind. Sie müssen immer etwas nachgehen, weil die in den Schwungkugeln auf

gespeicherte Arbeit erst von der umgebenden Luft, reibend und widerstehend, aufgezehrt werden muß, ehe der neue Gleichgewichtszustand in der schwingenden Masse hergestellt ist. Die Tourenzähler von Gradenwitz in Berlin, welche unter dem Namen Gyrometer in der Weise Drehgeschwindigkeiten anzeigen, daß ein hohes rohrartiges Gefäß aus Glas mit einer Flüssigkeit gefüllt die gleiche Tourenzahl macht wie die Achse, deren Tourenzahl bestimmt werden soll, gehen gleichfalls immer nach. Das Glasgefäß sitzt zentrisch auf dieser Achse und durch Reibung der Flüssigkeit an der inneren Glaswand wird die Flüssigkeit mit in Umdrehung versetzt und bildet ein Paraboloid, um so schlanker, je schneller gedreht wird. Auch hier ist keine Zwangläufigkeit vorhanden, und es muß immer ein Nachhinken der Anzeigen entstehen. Sind die Schwankungen der Tourenzahl hinreichend langsam, so sind solche Instrumente, wenn man deren Anzeige als genug ansehen kann,[1]) ganz praktisch. Für unsere Zwecke gehen diese Gyrometer schon zu viel nach. Allen Anforderungen kommt jedoch nachstehende Einrichtung nach.

Zu jeder Tourenzählung gehört eine Uhr, und wenn mit einer Stoppvorrichtung gearbeitet wird, — jedenfalls das Genauere als das Ablesen eines Sekundenzeigers während des Ganges — so kommen die Fehler der Tourenzählung und des Stoppmomentes zusammen. Genaue Arbeit ist nur dann möglich, wenn ein Uhrwerk direkt drehend auf einer Achse B (Figur 39) wirkt, und zwar unter Zwischenschaltung einer variablen Übersetzung; letztere wäre so zu stellen, daß die Achse B mit der Achse A des Motors in einem bestimmten Einklang steht, um deren Schnelligkeitsbestimmung es sich handelt. Da aber Ablesungen an bewegten Teilen unmöglich

[1]) 1 mm der Teilung entspricht ca. 40 Touren.

genau gemacht werden können, so wurde die Einrichtung getroffen, daß die vom Uhrwerk variabel drehbare Achse B seitens der zu messenden Achse A gleichzeitig angetrieben wird, und zwar im entgegengesetzten Sinne, so daß deren Ruhezustand eintritt; dieser läßt sich aber sehr bequem und genau beobachten.

Fig. 39: Ansicht der Ölprüfmaschine von Kirsch.

Die konstruktive Ausführung zeigt von der Achse A, deren Schnelligkeit geregelt werden soll, eine Übersetzung durch Schneckengetriebe auf die in Kugellagern gehende Welle a und durch Verzahnung auf die Welle B. Das Zahnrad C ist konzentrisch mit der Welle a, aber unabhängig von derselben im festen Gestell des Apparates gelagert und greift mit Innenverzahnung in das Zahnrad B ein. Steht also das Zahnrad C still und die Maschinenachse A wird in Gang gesetzt, so läuft das Rad B im Kreis um die Achse a herum; der eine der beiden Achsenträger, welche die Lager der Welle B bilden und in der Achse a drehbar gelagert sind (nämlich der oben oder außenliegende) ist zeigerartig verlängert und macht auf einer außerhalb des Zahnrades C am festen Gestell angebrachten Teilung die Bewegung leicht verfolgbar. Durch das Uhrwerk wird nun das Zahnrad C so gedreht, daß die Welle B stehen bleibt; alsdann gibt die Stellung der Übersetzung von der Uhr nach dem Zahnrad C hin die Tourenzahl der Achse A an.

Die Veränderlichkeit der Übersetzung wählte Kirsch einstweilen nach einer in der Technik vielfach gebräuchlichen Metode folgendermaßen: Eine große Scheibe E wird durch eine kleine Scheibe e (in der Figur nicht sichtbar) die sich dagegen preßt, je nach Abstand der letzteren von der Achse der großen Scheibe schneller oder langsamer gedreht. Durch einen Übertragungsmechanismus ist die Stellung dieser kleinen Scheibe e durch die Stellung des Zeigers D angezeigt. Die Teilung für D enthält die Tourenzahlen von 600—3000 auf einem Halbkreis, wobei 10 Touren einem Teilungsintervall von 1,2 mm entsprechen und somit eine ganz genaue Einstellung möglich ist. Der kleinen Scheibe e entspricht eine leerlaufende Gegenscheibe e auf der anderen Seite der großen Scheibenachse, ferner ist das Andrücken der kleinen Übertragungsscheibe e durch eine zweite, der großen Scheibe ganz gleich angeordnete und ihr an Durchmesser gleiche Scheibe E_1 besorgt, indem beide Scheiben E und E_1 unter Federdruck sich gegenseitig zu nähern suchen (durch eine Schraube kann dieser Druck geregelt werden). Die beiderseitig laufenden Scheibchen e verhindern also ein Ecken der Scheiben E bei deren Distanzänderungen, und dies war der Grund, daß die zweite kleine leerlaufende Scheibe e angebracht wurde.

Die Arbeit mit diesem Tourenzähler oder Tourenregler geschieht nun so, daß man zunächst die aufgezogene Uhr, welche ein bis zwei Stunden gehen kann (ein Nachaufziehen während eines Versuches ist allerdings auch statthaft), in Gang setzt. Die Scheiben E drehen sich dann entsprechend der Stellung von D schneller oder langsamer; ferner setzt sich gleichzeitig durch die von der Scheibe E mit Verzahnung 3 übertragene Drehung das Rad C in Bewegung. Hiermit beginnt auch B sich zu drehen und mit ihm der Zeiger auf der festen

Teilung. Während der Drehung von E kann jetzt der Zeiger D auf eine Tourenzahl gestellt werden, welche man herbeiführen und einhalten will. Auf dieser Ablesung wird dieser Zeiger, durch ein Klemmschräubchen festgehalten, womit gleichzeitig die variable Übersetzung fixiert ist. Kommt nun die Maschinenachse A in Umdrehung, langsam beginnend, so wird durch die Gegendrehung von a der Umlauf der Rolle B verlangsamt und mit ihr der Zeiger F auf der festen Teilung immer langsamer sich umdrehen. Erreicht die Maschinenachse A die bei D eingestellte Tourenzahl, so steht der Zeiger F still, geht sie zu schnell, so beginnt der Zeiger F in entgegengesetzter Richtung sich zu drehen. Man hat also nur immer den Stromlauf der Maschine so zu regeln, daß der Zeiger F still steht.

Läuft die Maschine mit beliebiger Tourenzahl, so kann diese sofort bestimmt werden, indem man D nach rechts oder links schiebt, bis der Zeiger F still steht; an dieser Stelle liest man bei D die Tourenzahl direkt ab.

Es ist offenbar diese Einrichtung zwangläufig und die Arbeit, welche die Maschinenachse zur Betätigung des Tourenreglers zu leisten hat, beschränkt sich auf die Reibung im Schneckengetriebe und dem Kugellager von a; hierzu tritt die Zahnreibung zwischen a und B und die Reibung der beiden Achsenträger von B bei ihrer Drehung in den Lagern in a. Diese geringe Reibungsarbeit wird bei der Leerlaufarbeit mitbestimmt.

Das Arbeiten mit dem Apparat gestaltet sich nun folgendermaßen:

Da Wert darauf gelegt wird, absolute Schmierfähigkeitsziffern zu bestimmen, an denen man Arbeitsverluste abschätzen kann, so ist vor allem nötig, jene Arbeitsmengen zu ermitteln, welche im Apparat selbst zur Bewegung gebraucht werden.

Diese sogenannte Leerlaufsarbeit setzt sich aus folgenden Teilen zusammen:

a) einem Betrag, welcher zur Überwindung des elektrischen Widerstandes im Motor gebraucht wird, und

b) der Reibungsarbeit in den Lagern der Maschine und den Bürsten des Motors.

Teil a) ermittelt man beim stehenden Motor durch Ablesen der beiden elektrischen Meßapparate; der Widerstand in dem Apparat betrug

$$W = \frac{E_1}{J_1} = 3{,}38 \text{ Ohm}$$

und wird Teil a) bei jedem Experiment mit $J^2 . W = 3{,}38\, J^2$ in Rechnung gestellt.

Bei der Drehbewegung kommen nun die Reibungswiderstände der Bürsten, des Tourenzählers und der zwei Kugellager (zur Vertikalführung der Maschinenachse) noch in Frage; um diese zu ermitteln, ist unter die Maschinenachse an Stelle des Fußzapfens eine Stahlspitze gesetzt, die auf poliertem Achat ihre Stütze findet und man nimmt an, daß bei dem geringem Gewicht der Achse samt Motor (3,5 kg) die Spitze ohne Reibungswiderstand läuft. Der Fehler, welcher hierbei gemacht wird, insofern diese Spitzenreibung immer noch ein wenig von Null verschieden sein wird, läßt sich beurteilen, wenn man beachtet, den wievielten Teil die reibende Spitzenfläche von einer Fläche beträgt, auf der das Probeöl läuft.

Die Leerlaufarbeiten der Bürsten und der Kugellager werden vor und nach jedem Versuch bestimmt und deren Mittelwert für die Berechnung in Rücksicht gezogen (natürlich unter Abzug des zugehörigen Wertes $J^2 . W$).

Besondere Vorsichtsmaßregeln erfordert die Bestimmung der Reibung in jenem Kugellager, welches die Drücke auf die Lagerfläche vermittelt. Die Reibungen in den Kugellagern müssen von der der Größe der Drücke abhängen, und daher muß

unter demselben Lagerdruck die Reibung des Kugellagers bestimmt werden, unter dem die betreffende Ölprobe stattfindet. Kirsch wählte zu diesem Zweck den Weg, zwei ganz gleiche Kugellager unter die Maschine zu geben, deren Reibungswiderstände als gleich angenommen werden dürfen.

Die Änderungen in den Kugellager-Reibungsverhältnissen während eines Versuches müssen so klein wie möglich gehalten werden; deshalb darf der ganze Apparat nicht in einem Lokal stehen, in welchem staubige Luft vorkommt, denn diese dringt in die Kugellager und ändert deren Reibung ziemlich bedeutend.

Überhaupt hat sich bei der Arbeit mit dem Apparat gezeigt, daß die Öluntersuchungen große Präzision erfordern, wenn sie überhaupt Sinn und Wert haben sollen. Die einzelnen Versuche dürfen nicht nacheinander gemacht werden, ohne daß die sorgfältigste Reinigung des Lagers und der Schmierbüchse mit Benzin stattgefunden hat. Einfaches Spülen genügt nicht, man nehme auch Frottierungen mit weichen Lappen und Bürstchen zu Hilfe.

Berücksichtigt man, daß von der im Lager, und zwar in der Schmierschicht „verloren" gehenden Arbeit der eine Teil in Wärme umgesetzt wird und nur der andere mechanische Reibungsarbeit ist, und daß es ferner wichtig ist, bei den Ölen die verschiedenen Verhalten bezüglich der Wärmeentwicklung miteinander zu vergleichen, so ist klar, daß die Versuche in folgender Weise ausgeführt werden müssen: Die Schmierbüchse wird gefüllt, der Deckel luftdicht aufgesetzt und mit Hilfe des angeschlossenen Gummiballons ein Druck von ca. 0,1 Atmosphäre auf die Öloberfläche ausgeübt. Hierdurch tritt langsam Öl in die Schmiernuten und erst wenn durch einige Zeit das Probeöl durchgelaufen ist, wird der Zapfen aufgesetzt. Unter dessen Druck bildet sich eine Schmierschicht entsprechender Dicke und als-

dann läßt man den Motor angehen. Die Temperatur des Lagers bzw. des Probeöls auf demselben wird während der ersten Minute des Laufes der Maschine abgelesen, ebenso die zwei elektrischen Meßinstrumente, Amperemeter und Voltmeter. Unter beständigem Regulieren der Tourenzahl erfolgt nun (alle zehn Minuten, besser aber alle 5 Minuten) eine Ablesung der Temperatur, der Ampere- und Voltzahlen. Dabei wird stets ein Steigen der Temperatur, anfangs mehr, später weniger, zu bemerken sein. In der Schmierschicht wird nämlich eine gewisse Anzahl von Kalorien pro Sekunde erzeugt, ein Teil derselben wird weggeleitet durch die Lagermetallmassen (und durch die Luft ausstrahlend). Die Reste aber summieren sich und erhöhen die Temperatur in der Schmierschicht. Der weggeleitete Betrag wächst aber, da die Leitung lebhafter ist, wenn das Temperaturgefälle größer ist. Auf diese Weise strebt die Temperatur ein Maximum an, welches natürlich von der Wegleitung der Wärme, also den Lagermassen, der Temperatur der Umgebung usw. abhängt. Sind diese Umstände aber unveränderlich, so ist die Temperatursteigerung ein Maß für jene Wärmemenge, die im Öl produziert wird. Allerdings setzt diese Bestimmung voraus, daß der Versuch so lange fortgesetzt wurde, bis die Temperatur annähernd unverändert blieb. Dies tritt bei der geringen Wärmeentwicklung im Öl nach beiläufig $^1/_2$—1 Stunde genau genug ein. Ein weiterer nicht uninteressanter Vorgang ist darin zu suchen, daß in jene Beobachtungsphasen, in denen die Temperatur noch im Wachsen ist — wenn auch langsam — die aufzuwendende Gesamtarbeit zur Erhaltung der gewählten Tourenzahl doch schon unverändert bleibt. Es geht daraus hervor, daß gewisse kleine Temperaturänderungen im Öl nichts mehr am Reibungswiderstand ändern. Es sollen

deshalb, wenn auch die Ablesungen an den zwei elektrischen Instrumenten schon unverändert blieben, immer noch in Fünf- oder Zehnminutenpausen weitere Ablesungen gemacht werden, um jene Maximaltemperatur zu erhalten. Wenn auch gewisse Wärmeentwicklung in den Ölen immer auftreten muß, ist doch eine diesbezügliche Beobachtung unter Umständen von nicht geringem Wert, weil auffallend größere Temperatursteigerungen auf unzulässigen Gehalt an nichtschmierenden Substanzen (Asphalt usw.) hinweist.

Die Fortsetzung des Schmierversuches durch einige Zeit bis zu einer Stunde und länger (in auffallenden Fällen wurde der Versuch bis nahe zwei Stunden fortgesetzt) hat auch den wichtigen Zweck, der bei unseren Proben erst in das richtige Licht gerückt ist, nämlich ein Maß für die Gleichmäßigkeit des Schmiermittels zu gewinnen. Freilich kann auf diese Weise nicht gefunden werden, ob die Ungleichmäßigkeit der Schmierfähigkeit auf technische Verunreinigungen oder sozusagen auf Schlieren im Öl zurückzuführen ist, wie solche bei Mischungen von Schmiermitteln wesentlich verschiedener spezifischer Gewichte entstehen können

Um aber doch eine feste Vergleichsbasis zu erhalten, werden alle Öle neben dem Temperaturzustand, auf den sie sich selbst bringen, der natürlich bei jedem Öl ein anderer ist, auch noch bis 35° C erwärmt und in diesem Zustand die Arbeitsziffern erhoben.

Die Einheit, in welcher hier die Arbeitsverluste im Öl bisher in der Regel angegeben werden, beträgt 0,0001 PS für die 1 cm² große Lagerfläche.

Wendtsche Ölprüfmaschine: Diese von P. Wendt konstruierte und von der Firma Hallwachs & Co. in Malstatt—St. Johann-Saar gebaute Maschine, D. R. P 172626, beruht gemäß Figur 40 bis 43 auf dem Prinzip, daß eine rotierende horizontale Scheibe eine darauf ruhende je nach der zwischen

beiden befindlichen Ölsorte mehr oder weniger mitnimmt. Die Ölteile bleiben während der Beanspruchung und Verreibung miteinander in Berührung und werden bis zum Aufhören der Schmier-

Fig. 40: Wendtsche Ölprüfmaschine von Hallwachs & Co. (Schnitt und Grundriß.)

fähigkeit durch die fortlaufend gleichmäßige, bei vergleichenden Versuchen unter gleichen Verhältnissen hin- und hergehende Bewegung, fortlaufend gleichmäßig beansprucht und zwar dadurch,

daß das zu untersuchende Schmiermaterial zwischen zwei Körper a und b bzw. a und c, deren Flächen aufeinander geschliffen sind, beansprucht und verrieben wird. Die Maschine zeigt infolge der hin- und hergehenden Bewegung des angetriebenen Körpers b oder c die gleichen Reibungsverhältnisse, wie sie in Maschinengliedern auftreten, wo die Kolben ja ebenfalls eine hin- und hergehende Bewegung vollziehen. Die Verhältnisse der Maschine sind konstruktiv so gewählt, daß die Reibeflächen sich bei normalem Gebrauch keinen Schaden zufügen können.

Die Maschine wird durch Schnurscheibe d, auf ausrückbarer Welle e, von einer beliebigen Kraft fortlaufend gleichmäßig angetrieben. Welle e bewegt durch Kurbelscheibe f, Pleuelstange g und

Fig. 41: Ansicht der Ölprüfmaschine von Wendt.

Stange h den Körper b bzw. c gleichmäßig hin und her. Der obere Körper h ruht auf Körper b bzw. c und steht mit letzterem nur durch die zu untersuchenden Schmiermaterialien in Verbindung. Je nach der Beschaffenheit dieser Schmiermaterialien wird der obere Körper a von dem unteren Körper

b oder c mitbewegt. Je nach der Größe der auftretenden Reibung bewegt der obere Körper a seine Stange n mit Klinke l und hebt das Schaltrad m mit Hebel und Gewicht (in der in der Figur angegebenen Pfeilrichtung). Der Schreibstiftschlitten t, an der Papiertrommel r schreibend, wird durch Schraubenspindel s bzw. s^1, einem Schneckengetriebe, der Welle o und konischen Zahnrädern p von Welle e, in bestimmten Verhältnissen zu den Bewegungen dieser, bewegt. Der Schreibstift verzeichnet das Reibungsverhältnis und die Zeitdauer auf dem Papier der Trommel in Form einer Kurve. Aus diesen Kurven ersieht man bei vergleichenden Versuchen den Unterschied der einzelnen Schmiermaterialien.

Figur 42 zeigt den Verreibungsbehälter im Schnitt. Der Körper b dient zur Ermittelung des Reibungswiderstandes und der Dauerhaftigkeit der Schmiermaterialien für Maschinenteile, Transmissionen usw. Auf dem Hebel r des Schaltrades befinden sich die zwei Gewichte 1 und 2. Diese doppelte Gewichtsbelastung ist für Maschinenöle infolge des größeren Reibungskoeffizienten dieser Schmiermaterialien gegenüber Zylinderölen bei gewöhnlicher Temperatur erforderlich.

Fig. 42: Anordnung für Maschinenöle.

Figur 40 zeigt die Anordnung zur Ermittelung der Dauerhaftigkeit der Zylinderöle. Dabei befindet sich auf Hebel r nur das Gewicht 1, weil bei der hohen

Wärme, bei denen diese Öle geprüft werden, sich nur ein minimaler Reibungskoeffizient zeigt und somit nur eine geringe Gewichtsbelastung nötig ist. Der obere Körper a hat eine Öffnung zur Einführung von Thermometern (Figur 43), durch diese wird die Wärme bei der Verreibung in nächster Nähe der Verreibungsfläche gemessen. Figur 43 zeigt den Querschnitt der Wendtschen Maschine.

Der Verreibungsbehälter wird durch Gas- oder Benzinbunsenbrenner auf die gewünschte Temperatur gebracht und durch einen Regulator konstant erhalten. Die Maschine macht etwa 140 Umdrehungen in der Minute.

Fig. 43: Querschnitt.

Um die Ölprobiermaschine in Betrieb zu setzen, legt man eine dünne Lederschnur auf eine Transmissionswelle, schiebt dann auf die Papiertrommel ein Blatt Papier, rückt den Schreibstift ein und stellt den mit Gewicht belasteten Hebel senkrecht nach unten, dann entfernt man den Deckel des Behälters, in welchem die Verreibungskörper sich befinden und hebt die Körper heraus. Nachdem diese sauber gereinigt sind, streicht man mittels eines Pinsels die Flächen voll von dem zu prüfenden Schmiermaterial, bringt die Körper in den Behälter, verschließt diesen mittelst Deckel und setzt durch eine Kupplung die Maschine in Tätigkeit. Je nach der Beschaffenheit des Schmiermaterials hebt sich der in senkrechter Stellung be-

findende Hebel r in kürzerer oder längerer Zeit. Der Schreibstift, der gleichmäßig fortbewegt wird, verzeichnet die Hebelstellung je nach der Zeitdauer auf der Papiertrommel.

Die beistehenden Diagramme Figur 44—47 geben einige mit der Ölprüfmaschine gemachte Originalaufnahmen wieder und zwar zeigen die Figuren 44 und 45 die von zwei verschiedenen Zylinderölen erhaltenen Kurven, beidemal bei 250° C, in Figur 44 ist die Dauerhaftigkeit 45 Minuten, in Figur 45 dagegen 50 Minuten. Die Figuren 46a—46c zeigen das Verhalten ein und derselben Zylinderölsorte bei drei verschiedenen Temperaturen und zwar bei 260° C bzw. 250° C bzw. 200° C. In Figur 47 ist Kurve a von einem russischen Maschinenöl, Kurve b von einem andern Maschinenöl, letzteres gibt gegenüber dem Öl Kurve a 25 % Kraftersparnis. —

Fig. 44.

Fig. 45.

Nachdem vorstehend die bekanntesten Ölprüfmaschinen genauer besprochen sind, seien noch kurz einige genannt, die teils älterer Art, teils weniger im Gebrauch sind.

Eine der ältesten ist der Apparat von Mac Naught (Glasgow) zur direkten Beobachtung des Reibungswiderstandes. Der in Figur 48 in zwei Schnitten (von vorn und von der Seite) darge-

Fig. 46c.

Fig. 46a.

Fig. 46b.

Fig. 47.

stellte Apparat besteht aus einer glatt polierten Messingscheibe e mit Rand, die fest auf Spindel a sitzt und mit dieser von Schnurscheibe d aus in Rotation versetzt wird. Lose auf e liegt eine polierte Scheibe f aus einer harten Legierung, die von e durch Friktion mitgenommen

wird. Der auf f sitzende Stift b schlägt dabei gegen einen horizontalen Stift c, wodurch die mit letzterem verbundene Zunge g der Wage h zur Ablenkung gebracht wird, deren Wagebalken i und k ein Laufgewicht l bzw. Gegengewicht m haben. Der ganze am Gestell o montierte Apparat läßt sich mit Schraube p an einem Tisch befestigen. — Die Handhabung erfolgt nun derart,

Fig 48: Ölprüfmaschine nach Mac Naught.

daß man von dem zu prüfenden Öl einige Tropfen auf die Messingplatte e gibt und durch Schnurantrieb Scheibe e mit etwa 500 Umdrehungen in der Minute rotieren läßt. Infolge der Reibung wird Scheibe f mitgenommen und zwar um so mehr, je geringer die Schmierwirkung des Probeöls ist, d. h. um so kräftiger ist der Anschlag von Stift b gegen Stift c und somit um so größer der Ausschlag des Wagebalkens. Durch Verschieben des Lauf-

gewichts l stellt man beim Ausschlag ihn so ein, daß er wie in der Ruhelage auf den Nullstrich zeigt und hat dann in der Zahl, die das Laufgewicht mit seiner Spitze an der Teilung des Wagebalkens zeigt, einen Maßstab zum Vergleich. Ermittelt man nämlich in ebensolcher Weise unter denselben Verhältnissen mit einem zweiten Öl die Stellung, auf welcher für diese Ölsorte das Laufgewicht stehen muß und liest ebenso die betreffende Zahl am Wagebalken ab, so verhalten sich die Schmierwerte der zwei Öle (natürlich nur in bezug auf Reibung) umgekehrt wie die beiden Zahlen. Für Beurteilung

Fig. 49: Ölprüfmaschine nach Napier.

der Schmierfähigkeit unter geringem Druck ermöglicht der Apparat, in genannter Weise die Verhältnisse zu ermitteln, aber bei hohem Druck versagt er.

Ein ebenfalls älterer Apparat ist der 1875 von Napier in Glasgow konstruierte Ölprüfer. Bei diesem sitzt eine Friktionsscheibe h (siehe Figur 49) von 100 mm Durchmesser und 14 mm Breite am einen Ende einer horizontalen Welle, auf deren anderem Ende die genutete Antriebscheibe für Schnurantrieb sitzt. Ein Bremsblock a, der mit einer kleinen Federwage g in Verbindung steht, wird gegen den Umfang der Friktionsscheibe h gedrückt und der dabei ausgeübte Druck durch einstellbare Gewichte f am Hebelarm e reguliert. Man gibt nun auf h das zu untersuchende Öl und läßt

rotieren, dabei wirkt die Reibung auf den Bremsblock und der Betrag kann an der Federwage abgelesen werden. Man erhält also in analoger Weise Vergleichswerte wie oben beim Apparat von Mac Naught.

Der in Figur 50 dargestellte Ölprüfer von Bailey zeigt ein abweichendes Prinzip. Ein Pendel a setzt ein Gleitstück b in hin- und hergehende Bewegung. Letzteres gleitet auf einer Messingplatte c, auf welche man eine entsprechende Menge des Probeöls gibt. Je nach der Ölsorte ist natürlich die Reibung verschieden und demgemäß ist die Schwingungszahl des Pendels bis zum Stillstand als Vergleichszahl für verschiedene Öle heranzuziehen. Der Apparat entspricht sehr wenig den tatsächlichen Verhältnissen, denen das Öl unterworfen wird, soll aber bei mehrtägigen Dauerversuchen gute Anhaltspunkte geben über das Verhalten des Öles unter dem Einfluß der Luft.

Fig. 50: Ölprüfmaschine von Bailey.

Zweckmäßiger ist der in Figuren 51 und 51a veranschaulichte Apparat von Ingram & Stapfer, dessen Beschreibung wir dem Werk von Veith [1]) entnehmen. Hierbei wird der Reibungswiderstand

[1]) Veith, Das Erdöl und seine Verarbeitung. Braunschweig 1892, Verlag Friedr. Vieweg & Sohn.

nach der Erwärmung gemessen, die an einem Achsenlager nach einer bestimmten Anzahl von Umdrehungen und unter bestimmtem Druck eintritt.

Fig. 51: Ölprüfmaschine von Ingram & Stapfer. (Vorderansicht).

Fig. 51a: Ölprüfmaschine von Ingram & Stapfer. (Seitenansicht.)

Die Welle a läuft in den Lagern b und wird durch Scheibe c mit Riemenantrieb in Rotation versetzt bzw. durch Leerscheibe d mit dem Riemenausrücker e abgestellt. Die Rotation wird durch Schraubenräder auf ein Zählwerk übertragen. Die Welle a ist bei a_1 wulstartig verstärkt und von den beiden Messinglagerschalen g bzw. g_1 umschlossen. Durch Hebelarme h und h_1 können die beiden Schalenhälften je nach Stellung der verschieb-

baren Gewichte mehr oder weniger stark gegen die Achse angepresst werden. Zum Ablesen der Temperaturen dient Thermometer i. — Die Prüfung kann nun auf zweierlei Art erfolgen. Entweder läßt man den Apparat so lange laufen, bis das Thermometer durch die eingetretene Erwärmung um einen bestimmten Betrag gestiegen ist, notiert die Umdrehungszahl, oder man gibt eine bestimmte Umdrehungszahl und notiert die Temperaturerhöhung. Je mehr Umdrehungen im ersteren, bzw. je geringer die Temperaturerhöhung im letzteren Falle, desto höher muß der Schmierwert des Probeöls sein. Zweckmäßig ist natürlich, für Vergleiche die Resultate durch Kurven darzustellen, deren Ordinaten die Temperaturgrade, deren Abszissen die Umdrehungszahlen sind.

Es würde zu weit führen, hier auf alle Ölprüfmaschinen einzugehen, es bestehen noch u. a. der Apparat von Deprez & Napoli, der die direkte Messung ermöglicht durch die Reibung zweier Flächen, die unter dem Einfluß des Schmiermittels beide angetrieben werden und wobei die dafür aufzuwendende Arbeit als Vergleichsmaß dient.

Ferner die Reibungswage von Sayol & Petit, der Apparat von Albrecht, die Ölprüfmaschine der Paris-Lyon-Mittelmeerbahn, 1878 in Paris ausgestellt, insbesondere für schwer belastete Achsen. Sodann die 1883 von Prof. Willigk konstruierte, auf ähnlichem Prinzip wie vorige beruhende Ölprobiermaschine, der Herrmannsche Apparat, nach Angaben von A. Martens durch das mechanische Institut von Karl Bamberg ausgeführt. Sodann der Apparat von Pullin in Burton-on-Trent, der in Figur 52 dargestellt ist und dessen Konstruktion eine Kombination des Apparates Ingram & Stapfer und des nachfolgend beschriebenen von Thurston ist. Gebaut wird der Pullinsche Apparat von W. H. Bailey

& Co. in Salford (England). Er hat von der Stapfer-Maschine die von der Fest- und Losscheibe l beeinflußte Friktionsscheibe i auf Welle k beibehalten. Die Phosphorbronzelager h jedoch sitzen in Holzlagerhüllen h_1, um durch die schlechtere Wärmeleitungsfähigkeit von Holz die Temperatur gleichmäßiger

Fig. 52: Ölprüfmaschine von Pullin.

zu behalten. Diese Hüllen werden durch Schrauben zusammengepreßt, derart, daß an den Druckmessern m die Pressung genau abgelesen werden kann. Die Rotation wird durch das Zählwerk e registriert, die Temperatur am Thermometer d gemessen. Die obere Lagerhülle steht durch Hebel mit Feder c bzw. Schreibstift b in Verbindung, der, sobald infolge der Reibung der mit Probeöl versehenen

Scheibe i im Lager eine Verschiebung der Lagerhülle h_1 erfolgt, diese auf einem über Trommel a gesteckten Papierstreifen registriert wird und somit ein Vergleichsmaß für verschiedene Probeöle gibt.

Schließlich sei noch an Hand von Figur 53 und 53a der Apparat von Thurston-Henderson kurz erläutert. Der zur Aufnahme bzw. Äußerung der Wirkung des Probeöls dienende Teil ist hier das gewöhnliche Lager gg_1 mit Rotgußschalen und der Welle f, die von der in b gelagerten Scheibe c angetrieben wird. Die Belastung der Lager erfolgt durch eine besondere pendelartige Vorrichtung, indem ein Gehäuse h an den Lagerschalen befestigt ist, das oben ein Thermometer q zur Bestimmung der Lagertemperatur trägt, unten eine Feder i, die den Lagerdruck erzeugt. Letzterer kann durch Verstellung der Schraube m beliebig eingestellt und an einer am Gehäuse angebrachten Teilung t abgelesen werden. l ist ein der Lagerbelastung dienendes verschiebbares Gewicht. Die Umdrehungszahl der Welle f wird durch ein Zählwerk o registriert. Setzt man nun die Welle, nachdem man das Probeöl eingebracht hat, in Rotation, so werden je nach Ölsorte die Lagerschalen gg_1 mehr oder weniger mitgenommen und damit das Gehäuse h einen Ausschlag machen. Dieser Ausschlag kann durch den Zeiger p am Quadranten r abgelesen werden und gilt als Maßstab für den Vergleich. Nach Veith wird das Probeöl durch eine Glaspipette

Fig. 53: Ölprüfmaschine von Thurston. (Seitenansicht).

durch ein in der oberen Lagerschale befindliches Ölloch auf das gut gereinigte Lager gegeben, der Stand des Thermometers und Umlaufzählwerks notiert und die Welle f mit etwa 300 minutlichen Umdrehungen laufen lassen. Von 500 zu 500 oder von 1000 zu 1000 Umdrehungen notiert man

Fig. 53a: Vorderansicht der Ölprüfmaschine von Thurston.

Temperatur und Ablenkung der Pendelarme am Quadranten r. Wenn die Temperatur durch die Reibung um etwa 30° gestiegen ist, (etwa in $^1/_2$—1 Stunde), wird der Apparat wieder abgestellt Dann ist jenes Öl, das bei gleicher Erwärmung der Lagerschalen die geringste Ablenkung und die größte Umlaufszahl ergibt, als bestes zu bezeichnen. Der Apparat gestattet die Ölprüfung auch unter sehr starker Belastung.

Auf dem gleichen Prinzip beruhen auch die Apparate von Fr. Lux, D. R. P. 14117, und von R. Jähns. Eine Abart der Maschine von Ingram & Stapfer konstruierte Belmont, dessen Maschine von der Price's Patent Candle Co. Ltd. in Battersea-London gebaut wird. —

Der wichtigste Teil der technischen Prüfung und eigentlich als der ein endgültiges Resultat ermöglichender Teil auch der wichtigste Faktor der gesamten Schmiermitteluntersuchung ist

2. Die Praktische Untersuchung.

Diese läßt sich am einfachsten an Hand des nachstehenden Beispiels erläutern.

Die Versuche wurden vom Verfasser als Dauerversuche von durchschnittlich 70 Stunden für jede Probe ausgeführt mit folgenden Ölsorten:

I. Maschinenöle:

1. Arctic Machine der Deutschen Vacuum Oil Company in Hamburg;
2. Korffs Maschinenöl A_1 der Raffinerie Aug. Korff in Bremen;
3. Dicks Ia Maschinenöl C der Raffinerie W. B. Dick & Co. in Hamburg;
4. Valve-Maschinenöl A compounded der Aetna Oil Works der Börne Scrymser Comp. in Neuyork.

II. Zylinderöle:

1. Zylinderöl A der Deutschen Vacuum Oil Company in Hamburg;
2. Korffs Dampfzylinderöl H extra dunkel der Raffinerie Aug. Korff in Bremen;
3. Dicks Ia Zylinderöl $\frac{\text{V A L}}{\text{o}}$ der Raffinerie W. B. Dick & Co. in Hamburg;

4. Amerikan. Ventiline Compound Zylinderöl der Aetna Oil Works der Börne Scrymser Co. in NewYork.

Die erste Versuchsreihe wurde durchgeführt an einer großen Kanalisations-Pumpmaschine von etwa 200 PS_e d. h. einer Verbund-Dampfmaschine mit Drehschiebersteuerung und durchschnittlich 45 Umdrehungen in der Minute. Der Gang der Versuche begann für jede Ölsorte mit Einschränkung der Schmierung auf den hinsichtlich der Erwärmung der Maschinenteile und der damit verbundenen Gefahren für den Betrieb noch praktisch zulässigen geringsten Ölaufwand. Dann wurde für jede Zylinderölsorte auf die Dauer der Versuchszeit von sieben Tagen bei Tag- und Nachtbetrieb der genaue Kohlenverbrauch und die gesamte Umdrehungszahl ermittelt. Hieraus läßt sich für jede Ölsorte als die einheitliche Grundlage zum unmittelbaren Vergleich der Kohlenverbrauch für 1000 Umdrehungen für die verschiedenen Ölsorten bestimmen. Das Ergebnis dieser Versuche ist in Tabelle I (Seite 265) wiedergegeben mit gleichzeitigen Bemerkungen über die sich bei den Versuchen erwiesenen sonstigen Eigenschaften der betreffenden Ölsorten.

Die Versuche mit den Maschinenölen ließen sich einfacher durchführen, indem hierbei Tropföler in Betracht kommen. Dieselben wurden an den Kurbeln, der Ölsorte entsprechend, derart eingestellt, daß die Lagererwärmung u. dgl. gerade den zulässigen im Betrieb üblichen Grenzen entsprach und hierauf wurde festgestellt, wieviel Umdrehungen der Kurbel auf einen Tropfen Öl für jede Sorte entfallen. Diese Werte sind gleichfalls in Tabelle I eingetragen. Sie ermöglichen das Auffinden derjenigen Sorte, mit der man unter den betreffenden Betriebsverhältnissen am wirtschaftlichsten arbeitet, indem man zugleich den Preis in Betracht zieht. Letzterer ist

Tabelle I.

1. *Zylinderöle.*

Ölsorten	Raffinerien	Preis für 100 kg	Dauer in Tagen	Umdrehungen insgesamt	Kohlenverbrauch insgesamt	Kohlenverbrauch für 1000 Touren	Eigenschaften
Zylinderöl A	Deutsche Vacuum Oil Comp., Hamburg	56,00	7	608 000	145 920	240	setzt eine Spur ab, sonst sehr gut
Korffs Dampfzylinderöl H extra dunkel . .	Aug. Korff, Bremen	60,00	7	586 000	140 050	239	setzt etwas ab, sonst aber gut ⁓ – •
Dicks Ia Zylinderöl $\frac{VAL}{0}$	W. B. Dick & Co., Hamburg	46,00	7	586 000	144 780	247	setzt stark ab, schmiert bei heißer Kolbenstange ungenügend
Amerik. Ventiline Comp. Zylinderöl	Aetna Oil Works der Börne Scrymser Co., Neuyork	52,00	7	564 000	133 990	237	bewährt sich gut, hält Stangen metall. rein

2. *Maschinenöle.*

Ölsorten	Raffinerien	Preis für 100 kg	Umdrehungen für 1 Tropfen	Quotient	Eigenschaften
Arctic Machine	Deutsche Vacuum Oil Comp., Hamburg	43,20	35	12,34	zu dünnflüssig, sonst gut
Korffs Maschinenöl A_1	Aug. Korff, Bremen	43,50	35	12,43	gut, doch etwas zu dünnflüssig,
Dicks Ia Maschinenöl C	W. B. Dick & Co., Hamburg	44,00	30	14,67	harzt, greift den Anstrich der Maschine an
Valve Maschinenöl A compounded	Aetna Oil Works der Börne Scrymser Co., Neuyork	36,00	40	9,00	gut

ebenfalls in der Tabelle angegeben; der Quotient aus dem Einheitspreis für 100 kg und der Zahl der Umdrehungen für den Tropfen ergibt ein unmittelbares Maß für das Güteverhältnis der betreffenden Ölsorte, wobei noch die sonstigen Eigenschaften zu berücksichtigen sind.

Bezüglich der Zylinderöle konnte von einer Umrechnung unter Berücksichtigung des Ölpreises abgesehen werden, da die billigste Ölsorte, das Dicksche Zylinderöl, wegen seiner sonstigen ungünstigeren Eigenschaften für den vorliegenden Fall nicht in Betracht kam und die hinsichtlich des Preises an zweiter Stelle kommende Ölsorte der Aetna Oil Works auch den geringsten Kohlenverbrauch aufweist.

Tabelle I ergibt nun, daß die für den Verbrauch und zugleich für die Erhaltung der Maschine im vorliegenden Betrieb zweckmäßigsten und billigsten Ölsorten diejenigen der Aetna Oil Works sind. Gleichfalls sehr gute Ölsorten sind diejenigen der Deutschen Vacuum Oil Company und von Aug. Korff, jedoch für den hier in Betracht kommenden Betrieb weniger geeignet und teurer.

Die in Tabelle VI angegebenen Analysen der verschiedenen Ölsorten bestätigen diese Ergebnisse.

Die zweite Versuchsreihe wurde an einer hydraulischen Anlage, bestehend aus zwei Preßpumpmaschinen und einer stehenden Kondensationsdampfmaschine, vorgenommen. Hier ließen die Betriebsverhältnisse die Ausführung der Versuche durch genaue Messung des Kohlenverbrauches während der Versuchszeit als ungeeignet erscheinen und daher wurde in diesem Falle der Ölverbrauch in der Stunde und für 10000 Umdrehungen (in Gramm) als Maßstab der Einheit eingesetzt und daraus wurden zum unmittelbaren Vergleich die Kosten, für welche bei 10000 Umdrehungen von

jeder Sorte Öl verbraucht wurde, ermittelt. Die Resultate ergeben sich aus den Tabellen II, III, IV und V.

In den Tabellen finden wir einen ziemlichen Unterschied zwischen Preßpumpe 1 und Preßpumpe 2 hinsichtlich des Verbrauches und der Kosten für Zylinderöl, welcher durch die Verschiedenheit der Ölpumpen bedingt ist. Tabelle IV ergibt als billigstes rationellstes Maschinenöl dasjenige der Aetna Oil Works, dem zwar an Güte dasjenige der Deutschen Vacuum Oil Company ziemlich gleichwertig ist, jedoch im Preis wesentlich teurer sich stellt. Als billigstes Zylinderöl ergibt sich dasjenige von W. B. Dick & Co., das jedoch auch hier die bei den vorigen Versuchen gezeigten ungünstigen Eigenschaften aufweist. Die Öle der Deutschen Vacuum Company und von Aug. Korff sind für den vorliegenden Zweck etwas zu dünnflüssig, so daß als Zylindernöl auch dasjenige der Aetna Oil Works sich für diese Maschinen als zweckmäßigste der vier untersuchten Sorten ergibt.

Die Versuche an der Kondensationsdampfmaschine ließen sich wegen mangelnder Vorrichtungen nicht auf die Umdrehungszahlen als Einheit zurückführen, dieselben sind daher auf die Stunde bezogen und zum unmittelbaren Vergleich sind die Kosten des Ölverbrauches für die Stunde für die verschiedenen Sorten nebeneinander gestellt in Tabelle V.

Die Werte der Tabelle V lassen als billigstes Maschinenöl dasjenige der Aetna Oil Works erkennen, das auch in bezug auf seine sonstigen Eigenschaften sich als zweckmäßig erwiesen hat. Von den Zylinderölen ist dagegen dasjenige von W B. Dick & Co. das billigste, während die Sorte der Aetna Oil Works erst in zweiter Linie hinsichtlich des Preises steht. Da indessen ersteres schädliche Einflüsse gezeigt hat, ist letzteres als rentabelstes Öl für diese Maschine zu betrachten.

Tabe

Versuche

Ölsorten und Raffinerien	Dauer in Stunden	Gesamt-Touren-zahl	Mind Toure zahl
Zylinderöl A, bzw.	$2^1/_2$	3 950	26,33
Maschinenöl Arctic Machine der	7	9 730	23,17
Deutschen Vacuum Oil Company	3	5 720	31,18
in Hamburg	11	18 170	27,35
	11	15 100	22,83
	11	12 380	18,76
	6	6 560	18,20
Summa:	$51^1/_2$	71 610	—
Durchschnitt:	—	—	24,07
Korffs Dampfzylinderöl H, extra	$12^1/_2$	21 650	28,87
dunkel, bzw.	11	20 750	31,44
Korffs Maschinenöl A_1 der Raf-	11	19 000	28,94
finerie Aug. Korff in Bremen	11	17 250	26,14
	9	14 050	26,02
	10	16 450	27,42
	10	13 850	23,08
Summa:	$74^1/_2$	123 000	—
Durchschnitt:	—	—	27,42
Dicks Ia Zylinderöl $\frac{\text{VA L}}{\text{o}}$ bzw.	12	17 850	24,80
	$3^1/_2$	4 970	23,67
Dicks Ia Maschinenöl C der Raf-	5	9 025	30,08
finerie W. B. Dick & Co. in	10	14 825	24,71
Hamburg	10	17 350	28,92
	10	14 650	24,42
	11	20 400	30,91
	11	19 450	29,17
Summa:	$72^1/_2$	118 520	—
Durchschnitt:	—	—	27,09
Amerik. Ventiline Compound Zy-	5	8 150	27,17
linderöl, bzw.	8	15 340	31,75
Valve Maschinenöl A compounded	10	16 220	27,03
der Aetna Oil Works der Börne	10	16 440	27,40
Scrymser Company, Neuyork	11	18 150	27,50
Summa:	44	74 300	—
Durchschnitt:	—	—	28,17

esspumpe Nr. 1.

aschinenöl-Ver- uch, Gramm i. d. tunde	10000 Touren	Zylinderöl-Ver- brauch, Gramm i. d. Stunde	10000 Touren	Eigenschaften
00,00	3 160	50,00	316	Zylinderöl setzt Spur ab, sonst gut.
50,00	2 520	37,14	267	
50,00	2 360	53,33	280	
46,36	2 100	65,00	394	
41,82	2 490	54,09	394	Maschinenöl zu dünnflüssig
81,82	2 500	44,09	392	
16 67	2 900	45,83	420	
—	—	—	—	
69,55	2 580	49,93	352	
24,00	1 870	46,80	270	Zylinderöl setzt etwas ab
36.00	1 780	52,00	275	
41,00	1 970	48,00	277	
341,00	2 150	43,00	276	
383,33	2 460	43,33	278	Maschinenöl ein wenig zu dünnflüssig, sonst gut.
360,00	2 190	46,00	280	
365,00	2 640	37,50	271	
—	—	—	—	
350,00	2 150	45,23	275	
364,59	2 450	40,83	275	
575,70	4 050	41,83	292	Zylinderöl setzt ab.
440,00	2 440	50,00	177	
367,50	2 480	41,00	277	
357,00	2 060	47,50	274	Maschinenöl harzt merklich und greift die Anstrichfarbe der Maschine an.
356,50	2 430	40,50	277	
356,82	1 920	52,27	281	
351,36	1 990	48,64	275	
—	—	—	—	
396,20	2 480	45,27	266	
420,00	2 570	63.00	386	
443,75	2 310	50,63	264	Zylinderöl gut.
402,00	2 480	46,00	283	
409,00	2 490	43,50	265	Maschinenöl gut.
395,45	2 390	45,00	273	
—	—	—	—	
414,05	2 450	49,63	294	

Tabel

Versuche

Ölsorten und Raffinerien	Dauer in Stunden	Gesamt-Touren-zahl	Minut Toure zahl
Zylinderöl A, bzw.	11	18 050	27,35
Maschinenöl Arctic Machine der	11	17 060	25,85
Deutschen Vacuum Oil Company	11	15 470	23,44
in Hamburg	11	14 910	22,60
	11	16 660	25,40
	11	14 575	22,08
	7	11 925	28,40
	2	2 725	22,71
Summa:	75	111 375	—
Durchschnitt:	—	—	24,71
Korffs Dampfzylinderöl H, extra	7	12 200	29,05
dunkel, bzw.	5	8 425	28,08
Korffs Maschinenöl A_1 der Raf-	7	11 735	27,94
finerie Aug. Korff in Bremen	7	11 240	26,76
	11	17 450	26,44
	11	17 900	27,12
	11	17 700	26,82
Summa:	59	96 650	—
Durchschnitt:	—	—	27,46
Dicks Ia Zylinderöl $\frac{\text{VAL}}{\text{o}}$, bzw.	2	3 850	32,08
	12	19 730	27,40
Dicks Ia Maschinenöl C der Raf-	11	18 640	28,24
finerie W. B. Dick & Co. in	12	21 410	29,73
Hamburg	11	20 760	31,45
	11	17 640	26,73
	$3^1/_2$	6 960	33,14
Summa:	$62^1/_2$	108 990	—
Durchschnitt:	—	—	29,82
	8	15 996	33,32
Amerik. Ventiline Compound Zy-	11	21 900	33,18
linderöl, bzw.	11	16 725	25,04
Valve Maschinenöl A compounded	11	19 900	31,52
der Aetna Oil Works der Börne	12	19 375	26,91
Scrymser Company, Neuyork	11	18 330	27,77
	11	18 820	28,52
	8	11 600	24,16
Summa:	83	142 646	—
Durchschnitt:	—	—	28,80

esspumpe Nr. 2.

Iaschinenöl-Verauch, Gramm i. d. Stunde	10000 Touren	Zylinderöl-Verbrauch, Gramm i. d. Stunde	10000 Touren	Eigenschaften
31,82	2 130	159,09	969	
53,64	2 280	145,46	938	Zylinderöl setzt Spur ab, sonst gut.
31,82	2 490	131,36	934	
30,45	2 440	125,45	926	
49,09	2 310	135,45	894	
29,09	2 500	133,64	1009	Maschinenöl zu dünnflüssig.
92,86	2 300	161,43	948	
00,00	4 400	127,50	936	
—	—	—	—	
77,35	2 610	139,92	939	
10,71	2 360	160,71	922	Zylinderöl setzt etwas ab, sonst brauchbar
30,00	2 550	158,00	938	
92,86	2 340	152,86	912	
92,86	2 450	147,14	917	
54,09	2 230	147,27	928	
51,36	2 160	150,91	928	Maschinenöl ein wenig zu dünnflüssig.
47,73	2 160	147,73	918	
—	—	—	—	
382,80	2 320	152,09	923	
950,00	4 930	185,00	961	
358 33	2 180	153,33	933	Zylinderöl setzt ab.
363,33	2 150	152,27	899	
348,75	1 960	163,75	918	Maschinenöl ein wenig zu dünnflüssig.
363,63	1 930	174,55	925	
354,55	2 210	150,00	941	
528,57	2 660	185,71	934	
—	—	—	—	
466.70	2 570	166,37	930	
431,25	2 160	187,50	938	
394,55	1 980	186,40	936	
390,00	2 570	190,90	1256	
389,09	2 150	193,20	1068	Nichts zu bemängeln.
354,17	2 190	170,80	1058	
390,90	2 350	161,40	968	
388,64	2 270	165,90	971	
482,50	3 330	139,40	961	
—	—	—	—	
402,64	2 370	174,44	1020	

Tabelle IV.

Resultate der Versuche an Presspumpen Nr. 1 und 2.

Ölsorten und Raffinerien	Preis für 100 kg	Kosten für 10000 Touren in Pfennigen Pumpe 1	Pumpe 2	Eigenschaften
Arctic Machine der Deutschen Vacuum Oil Company	43,20	11,15	11,04	zu dünnflüssig
Korffs Maschinenöl A_1 von Aug. Korff	43,50	9,35	10,09	etwas zu dünnflüssig
Dicks Ia Maschinenöl C von W. B. Dick & Co.	44,00	10,91	11,31	harzt und greift die Farbe an
Valve Maschinenöl A comp. der Aetna Oil Works	36,00	8,82	8,53	zweckmässig
Zylinderöl A der Deutschen Vacuum Oil Comp.	56,00	19,71	52,58	setzt Spur ab, sonst gut
Korffs Dampfzylinderöl H, extra dunkel, von Aug. Korff	60,00	16,50	55,38	setzt etwas ab, sonst gut
Dicks Ia Zylinderöl $\frac{\text{VAL}}{\text{o}}$ von W. B. Dick & Co.	46,00	12,24	42,78	setzt ziemlich ab, schmiert ungenügend
Amerik. Ventiline Comp. Zyl. der Aetna Oil Works	52,00	15,28	53,04	zeigt keine Mängel.

Tabelle V.

Versuche an der Kondensationsdampfmaschine.

Raffinerien	Versuchdauer in Stunden	Stündlicher Verbrauch an Maschinenöl Gramm	Stündlicher Verbrauch an Zylinderöl Gramm	Kosten für die Stunde Maschinenöl Pfennig	Kosten für die Stunde Zylinderöl Pfennig
Deutsche Vacuum Oil Co., Hamburg	99	123,38	22,73	5,33	1,27
Aug. Korff, Bremen	89 1/2	119,22	22,69	5,19	1,36
W. B. Dick & Co., Hamburg . . .	80	123,50	22,81	5,43	1,05
Aetna Oil Works, Newyork . . .	89	124,67	22,75	4,49	1,18

Zur weiteren Orientierung enthält Tabelle VI Seite 274—275 noch die genauen Analysen der untersuchten acht Ölsorten.

Die vorliegenden Versuche fanden gelegentlich einer Submission statt, bei der die vorstehenden acht Sorten aus einer großen Anzahl von Angeboten zur engeren Wahl gestellt wurden. Um von vornherein sich die Arbeit zu erleichtern und unzweckmäßige Angebote bei Ölsubmissionen fernzuhalten, ist es sehr ratsam, den Fabrikanten direkt eine Reihe von Angaben zu machen und die hinsichtlich der jeweiligen Betriebsverhältnisse maßgebenden Bedingungen vorzuschreiben. (Vgl. die Lieferungsvorschriften der Staatseisenbahnen usw. im Anhang, Seite 321.)

V. Wahl der Schmiermittel.

Auf Grund der in diesem Buch gemachten Angaben wird man nun bei der Auswahl von Ölen folgendermaßen verfahren:

Unter Angabe der Betriebsverhältnisse läßt man sich zunächst von den verschiedenen Fabrikanten Angebote auf geeignete Öle machen unter gleichzeitiger Einforderung von beglaubigten Analysen, Preisen und Proben von mindestens 1 Liter. Auf Grund der Analysen sucht man sich aus der großen Schar von Angeboten die aus, die man am geeignetsten danach hält, läßt aber dabei den Preis ganz unberücksichtigt. Die Proben dieser Auswahl unterwirft man sodann den vorstehend beschriebenen chemischen und physikalischen Untersuchungen. Dabei wird schon die eine oder andere Sorte wieder als ungeeignet ausscheiden. Mit den die Probe bestehenden Sorten nimmt man hierauf die technische Prüfung vor, d. h. mit einer der beschriebenen Ölprüfmaschinen. Durch diese

Tabell[e]

Analysen, ausgeführt a[m]

Ölsorten und Raffinerien	Farbe in der Flasche	Farbe in dünner Schicht	Spezif. Gewicht bei 15° C	Zähflüssigkeit, Wasser von 20° als Einheit bei 20°	bei 50[°]
Maschinenöle					
Artic Machine der Deutschen Vacuum Oil Company	schmutzig olivengrün, bläul. Stich	bordeaux-rot	0,8822	9,1	2,6
Korffs Maschinenöl A_1 von Aug. Korff	tief olivengrün	tief burgunderrot	0,9036	54,1	8,1
Dicks Ia Maschinenöl C von W. B. Dick & Co.	blaugrün, fluoreszierend	hellrot	0,9213	62,3	8,9
Valve Maschinenöl A compounded der Aetna Oil Works	olivengrün, stark fluoreszierend	rotbraun	0,9046	43,4	6,5
Zylinderöl				bei 50°	bei 100°
Zylinderöl A der Deutschen Vacuum Oil Company	schwärzlich olivengrün	braunrot	0,9079	29,5	3,7
Korffs Dampfzylinderöl H extra dunkel von A. Korff	stark dunkelolivengrün	braunrot	0,9080	42,2	4,9
Dicks Ia Zylinderöl $\frac{\text{VA L}}{\text{o}}$ von W. B. Dick & Co.	tief schwarzbraun	dunkelbraun	0,9095	36,1	4,4
Amerik. Ventiline Compound Zylinderöl der Aetna Oil Works	rein olivengrün, stark fluoreszierend	grasgrün	0,9148	13,9	3,0

Prüfung, bei der auch der Preis noch keineswegs zu berücksichtigen ist, bekommt man eine engere Auswahl, d. h. man nimmt von den Zylinderölen, Maschinenölen usw. je 3—4 der Fabrikate, die sich in der Ölprüfmaschine am besten gezeigt haben. Von diesen in enger Wahl gestellten Sorten läßt man sich nun je 1 Faß kommen und prüft sie in

VI.

len eingesandten Proben.

Entflammungspunkt	Brennpunkt	Kältebeständigkeit bei 0°	Kältebeständigkeit bei 10°	Freie Säure in v. H.	Mineralsäure v. H.	Harz v. H.	Harzöl v. H.	Wasser v. H.	Gehalt an fettem Öl v. H.
198°	250°	—	dünn-salbenartig	—	—	—	—	—	—
210°	251°	—	dick-salbenartig	—	—	—	—	—	—
206°	242°	—	dick-salbenartig	0,51	—	—	—	—	16,4
210°	245°	—	dünn-salbenartig	—	—	—	—	—	2,4
285°	> 360°	dick-salbenartig	talgartig	—	—	—	—	—	—
> 360°	> 360°	dick-salbenartig	talgartig bis schmalz-artig	—	—	—	—	Spur	—
360°	> 360°	dick-salbenartig	talgartig bis schmalz-artig	—	—	—	—	—	—
243°	296°	dünn-salbenartig	schmalz-artig	0,21	—	—	—	Spur	8,5

praktischem Betrieb gemäß der bei der „praktischen Untersuchung“ angeführten Methode. Hier erst kommt die Preisfrage in Betracht und zwar kommt nicht der vom Fabrikant für 100 kg angegebene Preis direkt zum Vergleich, sondern die Umrechnung auf die Kosten der Schmierung, wie sie in obigem Beispiel ausgeführt ist.

VI. Versuche und Ergebnisse der Praxis.

Zum Schlusse seien noch einige Versuche und Ergebnisse aus der Praxis berichtet, die wir den von der Deutschen Vacuum Oil Company herausgegebenen Berichten: „Schmiertechnik“ entnehmen.

1. Kraftmessungen in der Spinnerei und Weberei von Wilh. Böddinghaus & Co. in Elberfeld.

Die Veranlassung zu den nachstehend beschriebenen Kraftmessungen und der damit verbundenen Verwendung der „Gargoyle-Öle“ der Deutschen Vacuum Oil Company gab die charakteristische Tatsache, daß beim Gebrauch von anderen Ölen die von der aufs äußerste angestrengten Dampfmaschine abgegebene Kraft nicht genügte, und infolgedessen liefen die Spinnerei- und Weberei-Maschinen nicht mit der gewünschten Geschwindigkeit, ein Zustand, der erst, als zur Schmierung die Gargoyleöle benutzt wurden, beseitigt wurde. Es genügte bei Schmierung mit unseren Gargoyleölen nicht allein die normal entwickelte Kraft der Betriebsmaschine, um sämtliche Arbeitsmaschinen mit der gewünschten Geschwindigkeit anzutreiben, sondern es konnten sogar noch weitere Maschinen, welche die Firma benötigte, angetrieben werden.

Nicht immer bietet sich ein Versuchsobjekt, an welchem man den Beweis des durch Verwendung der für den betr. Betrieb geeignetsten Ölsorte herbeigeführten geringeren Kraftverbrauchs so schlagend führen kann wie in diesem Falle. Schon die Gestaltung der Betriebsverhältnisse an sich hätte im vorliegenden Falle genügt, um aufs Überzeugendste den Beweis für

die Kraftersparnis zu führen. — Diese Tatsachen haben durch die Aussagen der Firma selbst ihre volle Bestätigung und Anerkennung gefunden. Außerdem sind die nach dem von dem Lieferanten ausgearbeiteten System vorgenommenen Kraftmessungen in dem weiter unten folgenden Bericht des Näheren beschrieben worden.

Für die Schmierung sämtlicher Arbeitsmaschinen, Transmissionen und Dampfanlagen obiger Firma wurden seit einer Reihe von Jahren billige Öle benutzt. Die Firma hatte sich bisher wegen des hohen Preises per 100 kg nicht entschließen können, teuere Sorten zu prüfen, sondern vorgezogen, mit Rücksicht auf den Preis, billige Öle zu kaufen.

Im Betriebe stellte sich nun im Laufe der letzten Zeit durch die immerwährende Vergrößerung der Zahl der Arbeitsmaschinen der Übelstand heraus, daß die Dampfmaschine, welche die Kraft für die Weberei und Spinnerei lieferte, nicht mehr imstande war, die Maschinen anzutreiben; besonders morgens bei Beginn des Betriebes verringerte die Dampfmaschine ihre Tourenzahl um ein Bedeutendes. Die Firma beabsichtigte jedoch, einige weitere Spinnereimaschinen aufzustellen, was nach Lage der Sache geradezu ausgeschlossen war, so daß man bereits Erwägungen anstellte, in welcher Weise am besten eine durchgreifende Umänderung der Kraftanlage durchgeführt würde.

Solcher Art war die Sachlage, als die Deutsche Vacuum Oil Co. an die Firma herantrat mit der Behauptung, daß bei Verwendung der Gargoylemarken die Dampfmaschine nicht nur in allen Fällen ihre normale Tourenzahl machen würde, sondern daß auch außerdem anstandslos die beabsichtigte Aufstellung weiterer Spinnmaschinen ausführbar sei, ohne daß die Dampfmaschine überlastet werden würde.

Um diese Behauptung zu beweisen, wurde die Schmierung der Spinnerei und Weberei, welche durch die in Rede stehende Dampfmaschine angetrieben wird, versuchsweise für eine gewisse Zeit mit Gargoyleölen vereinbart und außerdem ein Versuchsprogramm aufgestellt, nach welchem durch eingehende, vergleichende Kraftmessungen und Untersuchungen der Schmierung an den einzelnen Arbeitsmaschinen die tatsächlich sich ergebende Krafterspamis zahlenmäßig festgestellt werden sollte.

Außer dem Ersatz der vorher benutzten Schmiermittel durch die Gargoyleöle fanden keine weiteren Änderungen statt.

Es wurden innerhalb eines größeren Zeitraumes zwei völlig identische Kraftmessungen in der in Rede stehenden Betriebsabteilung vorgenommen. Die erste Messung fand statt vom 20. bis 22. März und die zweite vom 26. bis 28. Juni. Vgl. das Programmschema auf Seite 280 und 281.

Es ist hervorzuheben, daß die zweite Messung eine genaue Wiederholung der ersten war. Es wurden die nämlichen Instrumente genau in der gleichen Weise verwendet und die gleichen Messungen und Untersuchungen vorgenommen.

Die erste Kraftmessung wurde ausgeführt bei Schmierung des Etablissements mit den bisher von der Firma verwendeten Ölen; nach Beendigung der ersten Kraftmessung wurde die Schmierung aller Maschinen bis zur Vornahme der zweiten Kraftmessung mit Gargoyleölen bewirkt. — Die Kraftmessungen an der Dampfmaschine wurden mittels Indikatoren vorgenommen, indem während dreier Tage nach einem bestimmten Programm, welches auf Seite 280 und 281 sowohl für den ersten als auch zweiten Versuch in den Bericht eingefügt ist, in Zwischenräumen von 5 Minuten Diagramme bei Vollbetrieb genommen wurden. — Außerdem

fanden zu verschiedenen Tageszeiten die Indizierungen des Kraftbedarfes für die leerlaufende Dampfmaschine und Transmission statt. —

Die Gesamtzahl der bei jedem Versuch genommenen Diagramme beträgt 750 Stück. Durch diese äußerst große Zahl von Diagrammen ist die Sicherheit gegeben, daß der genaue Durchschnitt des Kraftbedarfes festgestellt worden ist.

Bei der Wahl der Stunden für die einzelnen Indizierungsperioden wurde berücksichtigt, daß nur während normaler Betriebszustände indiziert wurde, d. h. es wurden die Zeiten vermieden, in denen besondere Maschinenstillstände, sei es durch Fehlen weiblicher oder jugendlicher Arbeiter oder durch die Art des Arbeitsprozesses zu erwarten waren. Ebenso wurden niemals kurz vor oder gleich nach den Betriebspausen Indizierungen vorgenommen. Dadurch, daß bei den beiden gegenüberzustellenden Kraftmessungen sämtliche Messungen stets während genau derselben Tagesstunden ausgeführt wurden, ist die Möglichkeit ausgeschlossen, daß das Resultat durch periodische während des Tages eintretende Schwankungen des Kraftbedarfs beeinflußt ist.

Bei beiden Versuchen wurde nach Möglichkeit das Bestehen gleicher Betriebsverhältnisse angestrebt und außerdem Messungen und Beobachtungen der den Kraftbedarf beeinflussenden Momente angestellt. Es wurden bei beiden Versuche übereinstimmend sowohl die Außentemperatur, als auch diejenige der Fabrikationsräume, Feuchtigkeitsgehalt der Luft, Spindelgeschwindigkeiten und Tourenzahlen der Dampfmaschine gemessen. Von den Meistern der einzelnen Betriebsabteilungen wurden Rapporte über die Stillstände der Arbeitsmaschinen während der Indizierungszeiten angefertigt. Außerdem wurden Temperaturmessungen zur Feststellung der Reibungswärme bei den verschiedenen Ölen

Programm

in der Spinnerei von Wilh. Böddinghaus & Co.

Das Nehmen

I. Versuch.

Dienstag, den 20. März		*Mittwoch, den 21. März*		*Donnerstag, den 22. März*	
Gruppe A		Gruppe B		Gruppe C	
Vollbelastung		Vollbelastung		Vollbelastung	
Zeit		Zeit:		Zeit:	
Vorm.	Nachm.	Vorm.	Nachm.	Vorm.	Nachm.
8,20	1,45				
25	50				
30	55				
35	2,00				
40	05				
45	10				
50	15				
55	20				
9,00	25				
05	30				
10	35				
15	40	Wie Gruppe A		Wie Gruppe A	
20	45				
10,15	50				
20	55				
25	3,00				
30	05				
35	10				
40	15				
45	20				
50	25				
55	30				
11,00	35				
05	40				
10					
15					
Gruppe D		Gruppe E		Gruppe F	
Belastung: Transmission.		Belastung: Transmission (Vor Beginn d. Betriebes)		Belastung: Transmission.	
12,25 ÷ 12,10		6,30 ÷ 6,45		12,10 ÷ 12,25	

für die

in Elberfeld ausgeführten Messungen.

der Diagramme.

II. Versuch.

Dienstag, den 26. Juni		*Mittwoch, den 27. Juni*		*Donnerstag, den 28. Juni*	
Gruppe A		Gruppe B		Gruppe C	
Vollbelastung		Vollbelastung		Vollbelastung	
Zeit:		Zeit:		Zeit:	
Vorm.	Nachm.	Vorm.	Nachm.	Vorm.	Nachm.
8,20	1,45	Wie Gruppe A		Wie Gruppe A	
25	50				
30	55				
35	2,00				
40	05				
45	10				
50	15				
55	20				
9,00	25				
05	30				
10	35				
15	40				
20	45				
10.15	50				
20	55				
25	3,00				
30	05				
35	10				
40	15				
45	20				
50	25				
55	30				
11,00	35				
05	40				
10					
15					
Gruppe D		Gruppe E		Gruppe F	
Belastung:		Belastung:		Belastung:	
Transmission.		Transmission:		Transmission.	
		(Vor Beginn d. Betriebes)			
12,10 ÷ 12,25		6,30 ÷ 6,45		12,10 ÷ 12,25	

sowohl an der Kreuzkopfgleitbahn der Dampfmaschine als auch an den Spindelhalslagern verschiedener Spinnstühle vorgenommen.

Für die Indizierungen wurden 4 Indikatoren mit kühlliegenden Außenfedern (Patent Stauß) benutzt. Diese Indikatoren sind mit Elektromagneten ausgerüstet, deren Anker mit dem Schreibzeug des Indikators so in Verbindung steht, daß bei Betätigung eines Druckknopfes die hintereinandergeschalteten Elektromagnete alle Schreibstifte in demselben Moment gegen die Schreibtrommel drücken.

Durch die Anwendung der kühlliegenden Außenfedern und der elektromagnetischen Andrückvorrichtung für die Schreibstifte sind die hauptsächlichsten Fehler, welche dem Indikator bisher noch anhafteten und die Genauigkeit der Messung ungünstig beeinflußten, beseitigt.

Da die Spiralfedern mit zunehmender Temperatur bedeutend nachgiebiger werden, so gibt die im Dampfraum des Indikators liegende Feder nur dann richtige Werte an, wenn die Dampftemperatur genau mit der bei der Eichung bestehenden übereinstimmt. — Die Unterschiede dieser beiden Temperaturen sind beim Gebrauch des Instrumentes sehr stark schwankende und die darin liegende Unsicherheit ergibt leicht einen Fehler von mehr als 2%. — Durch die kühl liegende Außenfeder ist dieser Übelstand vollständig beseitigt.

Der mit der Verwendung der elektromagnetischen Andrückvorrichtung verbundene Vorzug besteht darin, daß die Reibung des Schreibstiftes auf dem Indikatorpapier aufs genaueste justiert wird und für sämtliche Diagramme vollständig gleich bleibt. Beim Andrücken des Schreibstiftes mit der Hand ist die Reibung auf dem Papier stets eine abweichende je nach dem schwächeren oder stärkeren

Andrücken. — Durch die variable Reibung wird auch die Form der Diagramme verschiedenartig ausfallen, und man wird aus solchen Diagrammen die Arbeit stets falsch ermitteln. — Diese Tatsache ist allgemein bekannt, nur hat man bisher die Größe des dadurch entstandenen Fehlers unterschätzt.

Zur Messung der Luftfeuchtigkeit fand Casartellis Hygroskop Verwendung. — Die Tourenzahlen der Dampfmaschine wurden durch ein mit der Maschine in Verbindung stehendes Zählwerk festgestellt und bei Beginn und Schluß die Zahlen zur Berechnung der durchschnittlichen Umdrehungen per Minute abgelesen.

Die Diagrammflächen wurden mit dem Amslerschen Polarplanimeter gemessen und für die Multiplikation wurde ein 50 cm Rechenstab benutzt.

Die Indizierungen fanden statt an einer liegenden Tandem-Verbundmaschine mit Kondensation und Überhitzung, erbaut von Gebrüder Sulzer, Winterthur (1890), deren minutliche Tourenzahl n = 70 betrug.

Die von der indizierten Dampfmaschine angetriebenen Arbeitsmaschinen einschließlich einer Dynamo hatten einen rechnerischen Kraftbedarf von 283,95 PS_e und ergibt sich im Anschluß hieran der durchschnittliche Kraftbedarf bei Verwendung des früheren Öles aus nachstehender Aufstellung:

Aufstellung des durchschnittlichen Kraftbedarfs.

Kraftbedarf der Arbeitsmasch. u. Dynamo	283,95 PS_e
Leerlaufskraftbedarf	118,24 PS_e
Summa	402,19 PS_e
20 % reguläre Stillstände	56,60 PS_e
Durchschnittlicher Kraftbedarf	345,59 PS_e

Dazu ist zu bemerken, daß in der Weberei tatsächlich etwa 1000 Webstühle vorhanden sind, aber

infolge Arbeitermangel sich nur ungefähr die Hälfte der Webstühle regelmäßig in Betrieb befinden.

Wir haben als Basis für die Berechnung des Kraftbedarfes der außer Betrieb befindlichen Arbeitsmaschinen nur die Maximalzahl an Webstühlen eingesetzt, welche sich während der beidesmaligen Versuche tatsächlich in Betrieb befanden. Es waren das im Maximum 505 Webstühle.

Der für die einzelnen Arbeitsmaschinen eingesetzte effektive Kraftbedarf ist benutzt worden für die Berechnung des Kraftbedarfes der während der einzelnen Indizierungsperioden außer Betrieb gewesenen Maschinen.

Bevor wir an die Gegenüberstellung des durch die einzelnen Versuche festgestellten Kraftverbrauches herantreten, wollen wir zuvor untersuchen, ob während der beiden Kraftmessungen die Betriebsverhältnisse in den einzelnen Abteilungen die gleichen waren und die den Kraftverbrauch beeinflussenden Momente übereinstimmten.*)

Die außergewöhnlichen Maschinenstillstände sind von den Abteilungsmeistern sowohl beim ersten als auch beim zweiten Versuch notiert worden und in einer Zusammenstellung vereinigt. — Die normalen durch den Arbeitsprozeß hervorgerufenen Stillstände der Maschinen (durch Abziehen der gefüllten Spindeln, Auslaufen von Bändern in der Spinnerei, Anknüpfen von Fäden, Auswechseln der Schützen an den Webstühlen usw.) sind nicht in Betracht gezogen, weil sich diese Stillstände in ziemlich regelmäßigen Perioden wiederholen und angenommen werden darf, daß sich der Einfluß dieser Stillstände bei beiden Versuchen ausgleicht. Es wurden nur die durch Reparaturen, Arbeitermangel oder aus

*) Die einzelnen Tabellen sind hier, um den Bericht nicht zu umfangreich zu gestalten, fortgelassen worden.

sonstigen Gründen hervorgerufenen außergewöhnlichen Stillstände in eine Tabelle eingetragen. — Wie aus den Zahlentafeln hervorging, befanden sich während des zweiten Versuches mehr Maschinen im Betrieb als beim ersten; es liefen z. B. beim zweiten Versuch durchschnittlich 25 Webstühle mehr.

Zur zahlenmäßigen Feststellung des Kraftbedarfes der außer Betrieb gewesenen Maschinen ist der in der Aufstellung über den durchschnittlichen Kraftbedarf angegebene Kraftverbrauch für die einzelnen Arbeitsmaschinen benutzt worden. Für jede Indizierungsperiode ist die Summe des auf die Maschinenstillstände entfallenden Kraftbedarfes festgestellt worden. Während beim ersten Versuch auf die Maschinenstillstände ein Kraftverbrauch von 26,3 bis 12,7 PS_e entfällt, repräsentieren die Maschinenstillstände beim zweiten Versuch nur einen Kraftbedarf von 16,9 bis 7,2 PS_e. Es bebestätigt sich dadurch die bereits erwähnte Tatsache, daß beim zweiten Versuch sich mehr Maschinen im Betrieb befanden als beim ersten.

Während der sämtlichen drei Versuchstage ergibt sich der durchschnittliche Einfluß der Maschinenstillstände zu 19,57 PS_e für den ersten Versuch und 12,2 PS_e für den zweiten Versuch. Es hat also bezüglich der Maschinenstillstände während beider Versuche keine Übereinstimmung bestanden und muß infolgedessen bei der Zusammenstellung des durch die Indizierungen festgestellten Kraftbedarfes der Einfluß der Maschinenstillstände in Rechnung gestellt werden. — Es geschieht das am besten in der Weise, daß zu dem indizierten Kraftbedarf der auf die Maschinenstillstände entfallende Kraftverbrauch hinzugezählt wird, so daß man durch die Addition dieser beiden Werte gewissermaßen den durchschnittlichen Kraftbedarf erhält, wenn sich sämtliche Arbeitsmaschinen unter normalen

Verhältnissen in Betrieb befinden. — Diese Zusammenstellung befindet sich am Schluß des Berichtes und wird dort noch eingehender besprochen werden.

Als weiterer den Kraftbedarf beeinflussender Faktor kommen die Geschwindigkeitsverhältnisse der Arbeitsmaschinen in Betracht. — Die Tourenzahlen der Spinnereivorbereitung und der Webstühle sind unverändert geblieben und die Geschwindigkeiten stimmen bei beiden Versuchen überein.

Über die Spindelgeschwindigkeiten der einzelnen Spinnstühle sind für beide Versuche Tabellen aufgestellt worden, nach welchen die durchschnittliche Tourenzahl der Spindeln beim ersten Versuch 1928 per Minute und beim zweiten Versuch 1936 per Minute betrug, so daß die Differenz der Durchschnittsgeschwindigkeit nur 8 Touren zu Gunsten des zweiten Versuches ergibt. Diese unbedeutende Abweichung der Spindelgeschwindigkeit, übrigens zu Ungunsten des Kraftbedarfes beim zweiten Versuch, ist ohne nennenswerten Einfluß und kann bei der Bewertung der indizierten Kraftleistung unberücksichtigt bleiben.

Die über Raumtemperatur und relative Luftfeuchtigkeit erhaltenen Werte wurden im Spinnsaal der I. Etage gemessen. Die genaue Messung in sämtlichen Arbeitsräumen unterblieb, da die Temperaturen und Feuchtigkeitsverhältnisse in allen Räumen infolge intensiver Lüftung nahezu übereinstimmten und uns bei unseren Messungen auch weniger die absolute Höhe der Temperaturen als die Abweichung während der beiden Versuche interessiert.

Der durchschnittliche relative Luftfeuchtigkeitsgehalt während der drei Messungstage betrug beim ersten Versuch 57 % und beim zweiten Versuch 62 %. Die Steigerung von 5 % kommt zu Ungunsten des Kraftverbrauches beim zweiten Versuch

in Betracht. Da jedoch die höhere Luftfeuchtigkeit vornehmlich nur eine Steigerung des Kraftbedarfes der Feinspinnerei infolge Strafferwerdens der Antriebriemchen für die Spindeln hervorruft, die Spinnerei jedoch vom Gesamtkraftbedarf nur ca. $^1/_4$ beansprucht, so wird die geringe Abweichung in der Luftfeuchtigkeit keinen ins Gewicht fallenden Einfluß auf den Kraftverbrauch ausgeübt haben. — Die durchschnittliche Raumtemperatur während des ersten Versuches beträgt 14,4° C und beim zweiten Versuch 23,6° C. — Die Steigerung der Temperatur beim zweiten Versuch beträgt 8,2° C und kann nicht in Abrede gestellt werden, daß dieser Unterschied einen Einfluß auf den Kraftbedarf der Fabrik zu Gunsten des zweiten Versuches ausgeübt hat, wenngleich der zahlenmäßige Wert desselben kein ins Gewicht fallender sein kann. — Um den Einfluß dieser Temperaturabweichung auf den Kraftverbrauch zahlenmäßig festzustellen, halten wir die Durchführung einer dritten Kraftmessung, während welcher die Temperaturen annähernd mit denen des ersten Versuches übereinstimmen, für erforderlich.

Der Charakter der Witterung war bei beiden Versuchen ungefähr übereinstimmend. In beiden Fällen herrschte vorzugsweise sonniges Wetter und beim ersten Versuch am zweiten und dritten Tage morgens gingen leichte Niederschläge nieder, während beim zweiten Versuch im Laufe des dritten Tages Regen fiel. — Die Hauptabweichung besteht, wie schon erwähnt, in den verschiedenen Temperaturverhältnissen.

Nachdem nunmehr alle Verhältnisse, welche auf den Kraftbedarf von Einfluß sind, untersucht wurden, können wir die Zusammenstellung der indizierten Kraftleistungen während der einzelnen Versuchsperioden vornehmen. Von den beein-

flussenden Momenten bleibt zahlenmäßig nur die Einwirkung der außerordentlichen Maschinenstillstände zu berücksichtigen.

Die Tabellen auf Seite 290 und 291, in denen die Zusammenstellung der Ergebnisse vorgenommen ist, enthalten unter A die Kraftleistung bei Vollbetrieb, unter B die Kraftleistung der leerlaufenden Dampfmaschine und Transmission, gemessen in der Zeit zwischen 12 und 1 Uhr mittags und unter C gleichfalls die Leerlaufleistung der Maschine einschließlich Transmission, jedoch gemessen vor Beginn des Betriebes morgens zwischen $^1/_2$7 und 7 Uhr. Unter A sind in den Spalten a die indizierten Kraftleistungen während der einzelnen Versuchsperioden (Vormittag und Nachmittag) für alle drei Tage beim ersten und zweiten Versuch eingetragen. In die Spalten b ist für die gleichen Zeiten der Kraftbedarf, welcher den jeweilig außer Betrieb gewesenen Maschinen äquivalent ist, eingetragen. Die Spalten c enthalten die Summe der Spalten a und b. — Der Gesamtdurchschnitt des Kraftbedarfes während des ersten Versuches ergibt sich nach der Tabelle zu 341,36 PS_e und für den zweiten Versuch zu 290,53 PS_e. Die Differenz entspricht einer Kraftersparnis von **50,58 PS_e = 14,9%** des früheren Kraftbedarfes. — Das Resultat der Leerlaufsmessungen unter B ergibt sich aus je zwei Indizierungen sowohl für den ersten als auch den zweiten Versuch.

Um für jede Messung sowohl beim ersten als auch zweiten Versuch einen Gegenwert als Vergleich für die Genauigkeit der Leerlaufsindizierungen zu haben, wurde an zwei Tagen während der Mittagspause je eine Anzahl Diagramme in möglichst kurzer Zeit genommen. Die Durchschnittsleistung für den ersten Versuch ergibt sich zu 118,24 PS und für den zweiten Versuch zu 95,67 PS_e. Die Kraft-

ersparnis beträgt **22,27 PS_e = 19,1 %** des früheren Kraftbedarfes.

Die morgens vor Beginn des Betriebes vorgenommene Leerlaufsindizierung erfolgte vornehmlich zu dem Zweck, den Unterschied in der Lagerreibung festzustellen, welcher besteht nach längerem Betriebsstillstand und wenn sämtliche Lager längere Zeit in Betrieb gewesen sind.

Wie aus der Aufstellung unter C (Seite 291) hervorgeht, ist der Unterschied im Kraftbedarf ein ganz beträchtlicher. Für Antrieb der Transmission leistete die Maschine während des ersten Versuches morgens 141,29 PS_e, das sind 23,05 PS_e mehr als unter den gleichen Bedingungen mittags. Auch während des zweiten Versuches ist für die Indizierung vor Beginn des Betriebes eine Mehrleistung aber nur von 11,13 PS_e erforderlich. Die Kraftersparnis beträgt **34,49 PS_e = 24,4 %** des früheren Kraftbedarfes.

Zur besonderen Veranschaulichung finden sich auf Seite 300 und 302 graphische Darstellungen:

I. Über den durchschnittlichen dreitägigen Kraftbedarf bei Vollbelastung; jeder Punkt der Kurve bedeutet die Durchschnittskraftleistung einer jeden während der drei Tage zu derselben Zeit vorgenommenen Indizierung. Siehe Figur 54.

II. Über die Kraftleistung bei leerlaufender Dampfmaschine und Transmission mittags und über die Kraftleistnng bei leerlaufender Dampfmaschine und Transmission morgens vor Beginn des Betriebes. Siehe Figur 55.

Äußerst interessant und als ein vorzüglicher Gegenbeweis für die durch die Kraftmessungen nachgewiesene Kraftersparnis gestalten sich die vorgenommenen Temperaturmessungen an den Lagern. Die Kreuzkopfgleitbahn der Sulzer Tandem-Maschine neigte seit Inbetriebsetzung der Maschine zum Warmlaufen, so daß die Gleitbahn nach verschiedenen

Zusammenstellung der Versuchsergebnisse

(Text siehe Seite 288.)

A. Vollbelastung.

Datum	Tag	Zeit	Gruppe	Leistung PS I. Versuch	Leistung PS II. Versuch	Kraftersparnis PS bzw. %
				a b c	a b c	
20. 3. 06	Dienstag	Vorm.	A	318,50+26,3 =344,80		
26. 6. 06	"	"	A		289,42+15,9 =305,32	
20. 3. 06	"	Nachm.	A	319,66+23,7 =343,36		
26. 6. 06	"	"	A		278,62+18,2 =296,82	
21. 3. 06	Mittwoch	Vorm.	B	330,30+13,65=343,95		
27. 6. 06	"	"	B		279,75+ 7,9 =287,65	
21. 3. 06	"	Nachm.	B	320,62+21,65=342,27		
27. 6. 06	"	"	B		273,51+ 7,2 =280,71	
22. 3. 06	Donnerstag	Vorm.	C	326,80+12,70=339,50		
28. 6. 06	"	"	C		277,30+12,00=289,30	
22. 3. 06	"	Nachm.	C	314,85+19,40=334,25		
28. 6. 06	"	"	C		271,38+12,00=283,38	
	Gesamtdurchschnitt:			321,79+19,57 341,36 PS —	278,33+12,2 290,53 PS =	50,58=14,9%

B. Belastung: Transmission.

(Mittags.)

Versuch	Datum	Tag	Zeit	Gruppe	Leistung PS	Leistung PS	Kraftersparnis PS bzw. %
I	20. 3. 06	Dienstag	Mittag	D	117,40		
I	22. 3. 06	Donnerstag	„	F	119,08		
II	26. 6. 06	Dienstag	„	D		97,22	
II	27. 6. 06	Mittwoch	„	F		94,12	

Gesamtdurchschnitt: 118,24 — 95,67 = **22,57=19,1%**

C. Belastung: Transmission.

(Vor Beginn des Betriebes am Morgen.)

Versuch	Datum	Tag	Zeit	Gruppe	Leistung PS	Leistung PS	Kraftersparnis. PS bzw. %
I	21. 3. 06	Mittwoch	Morgen	E	141,29		
II	27. 3. 06	„	„	E		106,80	

Gesamtdurchschnitt: 141,29 — 106,80 = **34,49=24,4%**

Mißerfolgen mit Maschinenöl dauernd mit Zylinderöl geschmiert wurde, bei dessen Verwendung die Temperatur der Gleitbahn jedoch eine ziemlich hohe blieb.

Um einen Anhaltspunkt für die bestehende Reibungswärme zu erhalten, wurde in geeigneter Weise auf der oberen Gleitbahn in möglichster Entfernung vom Zylinder ein Thermometer befestigt und während sämtlicher Versuchstage halbstündlich die Temperatur des Maschinenhauses gemessen. Die Differenz zwischen Raumtemperatur und Temperatur der Gleitbahn dient als Maßstab für die entstehende Reibungswärme.

Bei Einführung der Gargoyle-Öle wurde für die Kreuzkopfgleitbahn Marine Engine I zur Anwendung gebracht, welches sich vorzüglich bewährte und, wie durch die während der zweiten Kraftmessung mit den früheren, völlig identisch vorgenommenen Temperaturmessungen bewiesen ist, eine bedeutende Verringerung der Reibung herbeigeführt hat.

Die Temperaturdifferenz zwischen Raumtemperatur und Temperatur der Gleitbahn bei Verwendung des früheren Zylinderöles betrug 37°, während bei Benutzung unseres Marine Engine I die Temperaturdifferenz auf 25,4° C herabging. Es bedeutet das eine Verminderung der Temperatur um 11,6° = **45,87%** der Gesamt-Temperaturdifferenz.

Die an den Spindelhalslagern der Spinnstühle vorgenommenen Temperaturmessungen erstreckten sich auf die Spinnstühle Nr. 2, 3 und 4. Die Temperaturmessungen wurden in der Weise vorgenommen, daß an jedem Spindelhalslagerrahmen je ein Thermometer in geeigneter Weise befestigt wurde. Gleichzeitig wurde die zwischen den Spinnstühlen in Höhe der Druckwalzenlager bestehende Raumtemperatur als Vergleichswert gemessen.

Als Maßstab für den Vergleich der Reibungswärme bei Verwendung der verschiedenen Öle dient wieder die Differenz zwischen Raumtemperatur und Spindelhalslagertemperatur. Diese Differenz ergibt sich beim ersten Versuch zu 11,8, 10,8, 11,8° C für die einzelnen Spinnstühle, beim zweiten Versuch war diese Temperaturdifferenz herabgegangen auf 5,8, 3,7, 5,7° C. Es bedeutet das eine Erniedrigung der Erwärmung der Spindelhalslager um 6°, 7,6° und 6,1° für jeden Spinnstuhl, das sind 51 %, 70 % und 52 % Erniedrigung der Erwärmung der Spindelbänke. — Die Erwärmung der Spindelbänke war bei Verwendung der Öle der Deutschen Vacuum Oil Company eine so geringe, daß dieselbe mit der Hand nicht mehr konstatiert werden konnte, während bei Schmierung mit den früheren Ölen eine durch Anfühlen sofort konstatierte Erwärmung bestand.

In welchem Maße an den Spinnstühlen eine Erniedrigung des Kraftbedarfes eingetreten ist, wird augenfällig auch durch die Tatsache bestätigt, daß bisher morgens bei Inbetriebsetzung der Spinnstühle infolge des schweren Ganges der Maschine jeden Tag ein großer Teil der Antriebsriemen herunterfiel, so daß während der ersten Arbeitsstunde, solange bis alle Stühle sich eingelaufen hatten, an eine regelmäßige Produktion nicht gedacht werden konnte. Kurze Zeit nach Einführung der neueren Ölsorte verschwand dieser Übelstand vollständig, und liefert jetzt gleich von Beginn des Betriebes an die Spinnerei die volle Produktion. Hierdurch ist ein nicht unbeträchtlicher Betriebsvorteil erzielt, ganz abgesehen von der Ersparnis an Riemen durch die Schonung derselben. — Bemerkenswert ist auch die während der jetzt halbjährigen Verwendungsdauer der neuen Ölsorte festgestellte Tatsache, daß sich die Ölkosten

trotz der höheren Preise per 100 kg gegen früher bei Verwendung von Ölen, welche pro 100 kg billiger waren, niedriger stellen.

In vorstehendem Bericht ist auf Seite 287 gesagt, daß der zwischen der ersten und zweiten Kraftmessung bestehende Temperaturunterschied von 9,2° C einen Einfluß auf den Kraftbedarf der Fabrik zugunsten des zweiten Versuches ausgeübt habe. Infolgedessen fügten wir die Bemerkung hinzu, daß die Vornahme einer dritten Kraftmessung, während welcher die Temperaturen annähernd mit denen des ersten Versuches übereinstimmen, erforderlich sei, um den Einfluß dieser Temperaturabweichung auf den Kraftverbrauch zahlenmäßig festzustellen.

Die erwähnte dritte Kraftmessung wurde am 13. und 14. November vorgenommen.

Während bei den beiden ersten Versuchen die Messungen stets auf drei Tage ausgedehnt wurden, sind dieselben bei dem dritten Versuch auf zwei Tage beschränkt geblieben, da infolge der geringen Schwankungen der Betriebsverhältnisse ein zweitägiger Versuch hinreichendes Material für eine erschöpfende Beurteilung des Kraftbedarfes lieferte.

Auch diese dritte Messung wurde in jeder Beziehung analog den beiden ersten durchgeführt und die Betriebsverhältnisse befanden sich in dem gleichen Zustande wie bei den früheren Messungen. — Es erübrigt sich demzufolge, nochmals auf die Details des Versuchsprogramms einzugehen.

Da die dritte Kraftmessung, wie schon erwähnt, speziell zu dem Zweck vorgenommen wurde, um ein maßgebliches Urteil über den Einfluß der Witterungsverhältnisse auf den Kraftbedarf des gesamten Betriebes festzustellen, wurde für die Wahl des Zeitpunktes in erster Linie darauf Bedacht genommen, daß zwischen dem ersten am 20.—22. März

vorgenommenen Versuch und dem dritten Versuch möglichst übereinstimmende Witterungsverhältnisse bestanden. Der Monat November, in welchem die dritte Kraftmessung stattfand, bietet an sich schon Gewähr, daß der Charakter der Witterung derjenigen des Monat März entspricht.

Demzufolge waren die Witterungsverhältnisse des ersten und dritten Versuches geradezu übereinstimmende.

Die durchschnittliche Raumtemperatur, welche beim ersten Versuch 14,4^0 betrug, war für den zweiten Versuch auf 23,6^0 gestiegen, so daß eine Temperaturdifferenz von 9,2^0 bestanden hat. Während des dritten Versuches stellte sich die durchschnittliche Raumtemperatur auf 17,4^0, so daß nur eine Temperaturdifferenz gegenüber dem ersten Versuch von 3^0 übrig bleibt.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft, welcher beim ersten Versuch 57% betrug, stieg beim dritten Versuch auf 62%.

Die Tourenzahlen der Arbeitsmaschinen waren während der dritten Kraftmessung nahezu dieselben geblieben, nur für die durchschnittliche Spindelgeschwindigkeit der Spinnstühle war eine weitere Steigerung eingetreten, obwohl die Übersetzungsverhältnisse vollständig dieselben geblieben waren. Es ergibt sich daraus unweigerlich, daß der Kraftbedarf der Spinnstühle im Laufe der Zeit ein noch geringerer als beim zweiten Versuch geworden sein muß. Während beim ersten Versuch die Durchschnittsgeschwindigkeit der Spindeln 1928 Touren per Minute betrug, war dieselbe für den zweiten Versuch auf 1936 gestiegen und während des dritten Versuches wurde sogar eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 1973 Touren per Minute ermittelt. — Daß diese Steigerung der Geschwindigkeit bei unveränderten Übersetzungsverhältnissen durch

Zusammenstellung der Versuchsergebnisse.

(Text siehe Seite 299.)

A. Vollbelastung.

Datum	Tag	Zeit	Gruppe	Leistung PS I. Versuch	Leistung PS III. Versuch	Kraft-ersparnis PS bzw. %
				a b c	a b d c	
20. 3. 06	Dienstag	Vorm.	A	318,51+25,3 =344,80		
13. 11. 06	„	„	A		302,92+7—7,75=302,17	
20. 3. 06	„	Nachm.	A	319,66+23,7 =343,36		
13. 11. 06	„	„	A		295,75+7—7,75=295,00	
21. 3. 06	Mittwoch	Vorm.	B	330,30+13,65=343,95		
14. 11. 06	„	„	B		299,19+7—8,5 =297,69	
21. 3. 06	„	Nachm.	B	320,62+21,65=342,27		
14. 11. 06	„	„	B		303,93+7—8,5 =302,43	
22. 3. 06	Donnerstag	Vorm.	C	326,80+12,70=339,50		
22. 3. 06	„	Nachm.	C	314,85+19,40+334,25		
Gesamtdurchschnitt:				321,79+19,57 341,36 P. S. —	300,45+7—8,13 299,32 P. S.	= **42,04=12,3%**

B. Belastung: Transmission
(mittags).

Versuch	Datum	Tag	Zeit	Gruppe	Leistung PS	Leistung PS	Kraftersparnis PS bzw. %
I	20. 3. 06	Dienstag	Mittag	D	117,40		
I	22. 3. 06	Donnerstag	"	F	119,08		
III	13. 11. 06	Dienstag	"	D		105,08	
III	14. 11. 06	Mittwoch	"	F		105,74	
			Gesamtdurchschnitt:		118,24 —	105,41 =	12,83=10,85 %

C. Belastung: Transmission
(vor Beginn des Betriebes am Morgen).

Versuch	Datum	Tag	Zeit	Gruppe	Leistung PS	Leistung PS	Kraftersparnis PS bzw. %
I	21. 3. 06	Mittwoch	Morgen	E	141,29		
III	14. 11. 06	"	"	E		119,28	
			Gesamtdurchschnitt:		141,29 —	119,28 =	22,01=15,57 %

leichteren Gang der Spinnstühle hervorgerufen ist, wird außerdem noch dadurch bestätigt, daß die Temperaturen der Spindelhalslager gegenüber dem zweiten Versuch noch einen weiteren Rückgang aufweisen. Die Einzelwerte der vergleichenden Temperaturmessungen werden am Ende dieses Berichtes noch angeführt werden.

Die außergewöhnlichen Maschinenstillstände sind von den einzelnen Abteilungsmeistern genau in derselben Weise notiert worden, wie während des ersten und zweiten Versuches. — Aus der Zusammenstellung der Maschinenstillstände geht hervor, daß die einzelnen Abteilungen intensiver beschäftigt gewesen sind als beim ersten und zweiten Versuch. Während bei den früheren Messungen die Maschinenstillstände eine Arbeitsleistung von 19,57 PS beim ersten und 12,2 PS beim zweiten Versuch repräsentierten, beträgt der den Stillständen äquivalente Kraftbedarf beim dritten Versuch nur 7 PS.

In der Weberei ist, wie bereits erwähnt, eine größere Anzahl von Webstühlen als bei den früheren Versuchen in Betrieb gewesen. Während bei den ersten beiden Messungen im Maximum 504 Webstühle liefen, war die Anzahl der Webstühle beim dritten Versuch während des ersten Tages der Messung auf 536 und während des zweiten Tages auf 539 gestiegen. Es bedeutet diese Steigerung der Webstuhlzahl eine Erhöhung des erforderlichen Kraftbedarfes um 7,75 bzw. 8,5 PS wenn der Kraftbedarf pro Stuhl zu 0,25 PS angenommen wird. Dieser Kraftbedarf, welchen die Dampfmaschine während des dritten Versuches mehr leistete, muß für die Vergleichung der bei den verschiedenen Messungen durch die Indizierungen festgestellten Leistungen der Dampfmaschine von dem Kraftbedarf des dritten Versuches abgezogen werden.

Unter Berücksichtigung aller dieser Verhältnisse

enthält die Tabelle auf Seite 296 und 297 eine vergleichsweise Zusammenstellung des Kraftbedarfes beim ersten und dritten Versuch. Unter A ist wieder die Kraftleistung der Dampfmaschine bei Vollbetrieb, unter B die Kraftleistung der leerlaufenden Dampfmaschine und Transmission, gemessen in der Zeit zwischen 12 und 1 Uhr mittags und unter C gleichfalls die Leerlaufleistung der Maschine einschließlich Transmission, jedoch vor Beginn des Betriebes morgens zwischen $^{1}/_{2}$7 und 7 Uhr gemessen, angegeben. Unter A: Vollbelastung sind in den Spalten a die indizierten Kraftleistungen während der einzelnen Versuchsperioden (Vormittag und Nachmittag) für sämtliche Tage beim ersten und dritten Versuch eingetragen. In die Spalten b ist für die gleichen Zeiten der Kraftbedarf, welcher den jeweilig außer Betrieb gewesenen Maschinen äquivalent ist, eingesetzt. Die Spalte d beim dritten Versuch enthält den Kraftbedarf, welcher zum Antrieb der mehr in Betrieb gewesenen Webstühle erforderlich und muß derselbe, um die Messungsresultate der einzelnen Versuche vergleichen zu können, von dem indizierten Kraftbedarf in Abzug gebracht werden. Die Spalten c enthalten bei beiden Versuchen die Summe der Spalten a und b. Die Differenz des Kraftbedarfes zwischen erstem und drittem Versuch und damit die Kraftersparnis ergibt sich zu 24,04 PS = 12,3 %. — Die Leerlaufsmessungen unter B und C sind beim dritten Versuch genau in derselben Weise vorgenommen, wie während des ersten und zweiten Versuches. — Die Kraftersparnis bei Leerlaufsindizierungen am Mittag ergibt 12,83 PS = 10,85 % und für die Leerlaufsindizierung am Morgen vor Beginn des Betriebes steigt die Kraftersparnis auf 22,01 PS = 15,57 %.

Einen genauen Überblick der Ergebnisse sämt-

licher drei Messungen bietet die tabellarische Zusammenstellung des Kraftbedarfes auf Seite 301 für die verschiedenen Belastungen. Die beste Veranschau-

Fig. 54: Kraftbedarf des Spinnereibetriebes bei Vollbelastung.

lichung des Ergebnisses gewähren die graphischen Darstellungen, von denen Figur 54 den Kraftbedarf der Vollbelastung, Figur 55 die einzelnen Ergebnisse der

Summarische Zusammenstellung der Resultate des I., II. und III. Versuches.

A. Vollbelastung.

Versuch		Leistung PS	Kraftersparnis PS bzw. %	
I	Frühere Öle	341,36	—	—
II	Gargoyle Öle	290,53	50,58	14.9
III	Gargoyle Öle	299,32	42,04	12,3

B. Belastung: Transmission (mittags).

Versuch		Leistung PS	Kraftersparnis PS bzw. %	
I	Frühere Öle	118,24	—	—
II	Gargoyle-Öle	95,67	22,57	19,10
III	Gargoyle-Öle	105,41	12,83	10,85

C. Belastung: Transmission (morgens).

Versuch		Leistung PS	Kraftersparnis PS bzw. %	
I	Frühere Öle	141,29	—	—
II	Gargoyle Öle	106,80	34,90	24,4
III	Gargoyle Öle	119,28	22,01	15,6

Leerlaufsindizierungen angibt. Für die Vollbelastungskurven der ersten und zweiten Kraftmessung bezeichnet jeder Kurvenpunkt das Durchschnittsresultat dreier

Fig. 55: Kraftbedarf von Maschine und Transmission bei Leerlauf.

Indizierungen, welche während der drei Indizierungstage an jedem Tage zum gleichen Zeitpunkte vorgenommen wurden. Für die dritte Kraftmessung

(Figur 56) schließt jeder Kurvenpunkt nur zwei Indizierungen in sich.

Bei den Kurven für Leerlaufsindizierungen bezeichnet jeder Kurvenpunkt das Resultat einer Indizierung.

Ebenso wie beim ersten und zweiten, so auch beim dritten Versuch, ergaben die vorgenommenen Temperaturmessungen an den Spindelhalslagern der Feinspinnstühle das bemerkenswerte Resultat, daß die Reibungswärme während der Zwischenzeit noch weiter zurückgegangen war.

Die Reibungswärme betrug:

bei Spinnstuhl	2	3	4
I. Versuch	11,8	10,8	11,8 C°
II. „	5,8	3,2	5,7 C°
III. „	2,4	3,6	3,4 C°

Dieser weitere Rückgang der Reibungswärme findet seine Bestätigung in der bereits erwähnten Erhöhung der Spindeltourenzahlen bei unveränderten Übersetzungsverhältnissen. Es geht daraus hervor, daß die Lagerflächen während der längeren Verwendungsdauer der neuen Öle in einen besseren Zustand versetzt worden waren, so daß die Reibung in dem Zeitraume zwischen Vornahme der zweiten und dritten Kraftmessung noch einen Rückgang erfahren hat.

Aus dem Ergebnis der drei Messungen lassen sich äußerst interessante und wertvolle Schlußfolgerungen ziehen:

1. beweist die Gesetzmäßigkeit sämtlicher Zahlenwerte, daß sowohl das System der Messung ein zuverlässiges ist als auch die Messungen selbst sorgfältig und gewissenhaft durchgeführt sein müssen.

2. geht hervor, daß größere Temperatur-Differenzen von Einfluß auf den Kraftverbrauch sind. Andererseits steht auch soviel fest, daß die

Schwankungen der durchschnittlichen Raumtemperaturen von ca. 3° keinen nennenswerten Einfluß

Fig. 56: Graphische Darstellung der Reibungswärme bei verschiedenen Ölsorten.

auf den Kraftbedarf ausüben. Wie bereits zu Beginn des Berichts gesagt wurde, haben die während der zweiten Messung bestehenden außer-

ordentlich hohen Temperaturen den Kraftverbrauch des Betriebes herabgesetzt. Der Einfluß der extremen Temperaturverhältnisse scheint eine besondere Wirkung auf den Kraftverbrauch der leerlaufenden Transmission ausgeübt zu haben; denn die Kraftersparnis sinkt für die Leerlaufsindizierungen zwischen zweiter und dritter Kraftmessung um nahezu 90 %, während die Erniedrigung der Kraftersparnis für die Vollbelastungsmessungen nur nahezu 3 % beträgt. Man kann dieses wohl damit erklären, daß unter der Decke der Betriebsräume bei der Sommerhitze ganz besonders hohe Temperaturen bestanden, während sowohl im März als auch im November, zu welchen Zeiten die Fabrik nicht geheizt wurde, zwischen Fußboden- und Deckentemperatur keine große Differenz bestand. Vielleicht ist auch das für die Transmissionen verwendete Öl Wärmeschwankungen gegenüber etwas empfindlicher.

3. wird bewiesen, daß die durch Verwendung der neuen Öle herbeigeführte Reduktion des Kraftverbrauches eine dauernde ist und zu jeder beliebigen Zeit von neuem konstatiert werden kann, sofern bei den Messungen dieselben Betriebsverhältnisse bestehen.

4. kann man den Schluß ziehen, daß nach längerer Verwendungsdauer der neuen Öle vorgenommene Messungen ein günstigeres Ergebnis aufweisen, da die Reibungsverhältnisse an den Lagern immer bessere werden, je länger die reibungsvermindernde Wirkung dieser Öle sich hat geltend machen können. Ein positiver Beweis für diese Tatsache hat sich bei den vorliegenden Versuchen an den Spinnstühlen durch die Steigerung der Spindeltourenzahlen und weiteren Rückgang der Reibungswärme der Spindellager, entsprechend der längeren Betriebsdauer, ergeben.

Einfluß des Speisewassers auf die Zylinderschmierung der Dampfmaschine.

Die Veranlassung zur vorliegenden Abhandlung gab eine von einem der Ingenieure der Deutschen Vacuum Oil Company übermittelte Schilderung eines Vorkommnisses aus der Praxis. Als solches wird es von besonderem Interesse für unsere Leser sein, und lassen wir den Bericht zunächst in nachstehendem folgen.

„Die übermäßige Anwendung von Chemikalien zum Kesselwasser hat zur Folge, daß die größte Ölzufuhr wirkungslos gemacht wird, die besten Dichtungen zerstört werden und durch das lästige Schäumen Kesselwasser mit in die Maschinen gerissen wird.

Abgesehen von dem Nachteil, der durch Wärmeverlust und Siedepunkterhöhung eintritt, genügt schon die Zerstörung des Öles, um einen zu großen Zusatz von Chemikalien als schädlich erscheinen zu lassen.

In dem Wasser einer Kesselgruppe, welche fünf Maschinen von je 300 PS_e speiste, wurde durch den Chemiker in einem Quantum von 1 cbm 15 400 g Soda festgestellt. Zur Schmierung der Zylinder wurden 28,6 kg Gargoyle-Zylinderöl SW per 24 Stunden gebraucht und trotzdem konnte in den Schiebern und Zylindern Öl nicht nachgewiesen werden.

Jetzt erhält dieselbe Anlage von einer Kesselgruppe Dampf, in deren Kesselwasser nur 4840 g Soda per 1 cbm nachgewiesen wurde. Dieser Wechsel ermöglichte, daß der Verbrauch von Gargoyle-Zylinderöl SW auf den vierten Teil des früheren Verbrauches per 24 Stunden reduziert werden konnte, und jetzt sind die Schieber und Zylinder mit Öl genügend versehen."

Fr. v. K.

Durch obigen Fall, welcher nur ein Beispiel häufiger derartiger Vorkommnisse ist, wird der Einfluß der Wasserreinigung auf die Zylinderschmierung und damit auf die Betriebssicherheit der Dampfmaschine genügend gekennzeichnet.

Wir halten es für zweckmäßig, aus diesem Grunde auch in der Schmiertechnik auf die Vorgänge bei der Kesselwasserreinigung und die für die Beurteilung derselben in Betracht kommenden Gesichtspunkte mit einigen Worten hinzuweisen.

Zu diesem Zweck sind einmal die für die Wasserreinigung verwandten Chemikalien selbst zu betrachten, ferner, auf welche Weise die Anreicherung des Kesselwassers mit denselben zustande kommt, und schließlich wie eine Einwirkung dieser chemischen Lösung auf das Schmiermaterial möglich ist.

Zur Ausfällung der die Härte des Wassers und damit die Kesselsteinbildung hervorrufenden Substanzen dienen vorzugsweise:

1. Ätzkalk, angewandt entweder in Form von Kalkwasser, oder häufiger als Kalkmilch.
2. Ätznatron (kaustische Soda).
3. Soda.

Die auf Verwendung dieser Chemikalien beruhenden wichtigsten Reinigungsmethoden sind:

1. Die Anwendung von Ätzkalk und Soda, wobei der Ätzkalk die Bikarbonate der Erdalkalien (doppelkohlensaurer Kalk, doppelkohlensaure Magnesia) und die Soda die schwefelsauren Verbindungen (Gips, schwefelsaure Magnesia) ausfällen.

2. Die Anwendung von Ätznatron allein. Das Ätznatron wirkt dabei in der Weise, daß es zunächst die kohlensauren Verbindungen ausfällt und sich dabei in Soda umsetzt Die entstehende

Soda wirkt nun auf die schwefelsauren Verbindungen, indem sich kohlensaure Niederschläge ausscheiden und schwefelsaures Natron in Lösung bleibt. Ein Umstand darf bei dieser Reinigungsmethode nicht übersehen werden: von der aus dem Ätznatron durch Aufnahme von Kohlensäure gebildeten Soda wird in der Regel nur ein verhältnismäßig kleiner Teil zur Zersetzung des im Wasser enthaltenen Gipses verbraucht, der Rest bleibt im Wasser gelöst und macht dasselbe stark alkalisch. Wird nun dieses Wasser zur Kesselspeisung benutzt, so reichert sich die Soda im Kesselinhalt beim Betrieb allmählig mehr und mehr an und kann dann zu Mißständen Veranlassung geben, welche neben anderen Nachteilen auch auf die Schmierung der Dampfzylinder nachteilig wirken.

Die Art dieser Mißstände wird nachfolgend noch im Zusammenhang besprochen werden.

3. Die Anwendung von Soda allein. Unter geeigneten Bedingungen können auch durch Soda allein die Kesselsteinbildner soweit aus dem Wasser ausgeschieden werden, daß die Bildung von festem Kesselstein verhindert wird. Die chemischen Reaktionen, auf welchen selbst dabei die Wirkung der Soda beruht, sind ziemlich verwickelt und soll hier nicht darauf eingegangen werden.

Auch bei dieser Methode ist es erforderlich, daß Soda im Überschuß angewandt werden muß und ergeben sich daraus dieselben Störungen, welche unter 2 angedeutet sind.

Nur bei einem Speisewasser, welches hauptsächlich kohlensauren Kalk, jedoch nur wenig Magnesia und Gips und nur geringe Mengen leicht löslicher Salze enthält, liefert das Verfahren befriedigende Resultate.

Bei all diesen Reinigungsmethoden müssen die

verwandten Chemikalien in genau der Zusammensetzung des Speisewassers entsprechenden Quantitäten zugesetzt werden. Eine zu geringe Zusetzung der Chemikalien verhindert die genügende Ausscheidung der Kesselsteinbildner, ein zu hoher Zusatz an Reinigungssubstanzen bewirkt, daß dieselben in den Kessel gelangen und sich dort mit der fortschreitenden Betriebsdauer in immer größerem Umfange ansammeln.

Durch unzweckmäßige Einrichtung und falsche Handhabung der Wasserreinigungsanlage wird oft die Ausscheidung der Kesselsteinbildner zum größten Teil erst im Kessel selbst veranlaßt, z. B. wenn bei Anwendung von Ätznatron die Erhitzung des Speisewassers vor Einführung in den Kessel bis auf ca. 60—80° C unterbleibt oder überhaupt dem Wasser nicht die genügende Zeit zur Ausfällung der Kesselsteinbildner gewährt wird. Je länger nun die Betriebsperiode der Kessel ausgedehnt wird, um so mehr reichert sich die Sodalösung im Kessel an und um so größere Schlammmassen werden aufgehäuft. Abgesehen davon, daß sodahaltiges Wasser Dichtungen und Armaturteile beschädigt, neigt dasselbe, wie schon erwähnt, zum Schäumen und Überkochen. Hierbei wird das stark sodahaltige Wasser und der im Wasser beim Kochen herumgewirbelte Kalkschlamm mit in die Zylinder gerissen und das im Zylinder befindliche Schmiermaterial hinweggespült. Infolgedessen und unter dem Einflusse der mitgerissenen Schlammteile können Anfressungen in den Zylinder eingeleitet werden, für welche weder in dem Zustand der Maschine noch in dem Öl eine Erklärung zu finden ist. In solchen Fällen wird stets eine eingehende Untersuchung des Kesselwassers und der Wasserreinigungsanlage die Aufklärung bringen.

Für die Betriebsleiter empfiehlt es sich,

sofern nicht bereits aus dem Zustand der Kesselarmaturteile ein Urteil gewonnen werden kann, bei entstehenden Schwierigkeiten eine genaue Untersuchung des Kesselwassers vorzunehmen.

Die vorstehenden Ausführungen mögen zum Schluß noch durch einige Beispiele aus der Praxis der Revisionsingenieure des Bayrischen Revisionsvereins in München, die sich in der Zeitschrift des Vereins unter der Rubrik „Aus dem Revisionsdienste" finden, illustriert werden. Es sind dies zwei Artikel, deren Ausführungen namentlich für den Fabrikbesitzer bzw. Fabrikleiter von großem Wert sind, da sie als von unparteiischer Seite abgegebene fachmännische Gutachten betrachtet werden müssen und an Hand der tatsächlich gemachten Erfahrungen manchen wertvollen Fingerzeig für die zweckmäßigste Einrichtung des Betriebes und seine störungslose Aufrechterhaltung geben.

Störungen beim Inbetriebsetzen eines Wasserreinigers.

Bei der mehr und mehr vor sich gehenden Einführung von Wasserreinigungsanlagen für Dampfkesselspeisewasser ist es von hohem Werte, die damit gemachten Erfahrungen zu sammeln, zu verarbeiten und in der Fachpresse zu veröffentlichen. Auf diesem Wege wird es möglich werden, die Angelegenheit immer mehr zu klären, für schwierige Verhältnisse Abhilfe zu bezeichnen und so der Reinigung des Speisewassers vor seinem Eintritt in den Kessel neue Freunde zu erwerben.

Daß solche Erfahrungen mitunter mit Betriebsstörungen und Unannehmlichkeiten für Kessel und Maschinen erkauft werden müssen, beweist uns wieder ein Fall aus neuester Zeit, mit dem wir als Gutachter zu tun hatten und den wir für lehrreich

genug halten, um ihn unseren Lesern zur Kenntnis zu bringen.

Eine Kesselanlage, für die eine bekannte Dampfkesselbauanstalt eine Wasserreinigungsanlage herstellen sollte, bestand aus zwei Wasserrohrkesseln von 215 bzw. 250 qm Heizfläche und 9 Atm. Betriebsdruck. Der zweite, mit einem nicht ausschaltbaren Überhitzer versehene Kessel war erst vor kurzem aufgestellt worden und sollte erst in Betrieb kommen, wenn der Wasserreiniger zufriedenstellend arbeitete.

Bisher hatte man in der Anlage mittels Injektors täglich 15 kg Soda, dreimal je 5 kg, unmittelbar in den Kessel gespeist. Vor der Aufstellung der Reinigungsanlage ließ man das Speisewasser auf seine Härte und Zusammensetzung untersuchen und die zu seiner Enthärtung notwendigen chemischen Zusätze danach bestimmen. Die betreffende Untersuchungsstelle erachtete bei kalter Reinigung 246,96 g Kalk und 36,28 g Soda, bei warmer nur 36,28 g Soda für den cbm Wasser als erforderlich. (Die Angabe für Soda beruhte offenbar auf einem Irrtum; sie hätte schon nach theoretischer Berechnung 88 g lauten sollen, da die bleibende Härte des Wassers 4,66° [deutsch] war.)

Die Anlage ist für eine stündliche Leistung von 8 cbm berechnet, bei Betrieb nur eines Kessels sind 4 cbm zu bewältigen. Da im Winter Abdampf nicht in genügender Menge zur Verfügung steht, sollte während dieser Zeit die Reinigung auf kaltem Wege erfolgen.

Das zur vollständigen Fällung des doppeltkohlensauren Kalks nötige Kalkwasser wird in einem besonderen Kalkwasserbereiter hergestellt. Der eigentliche Reiniger besteht aus einem Vorwärmer — im Winter nicht geheizt, — einem Mischgefäß für Soda und Rohwasser, einem zweiten Mischraum für das zutretende Kalkwasser und einem hoch-

liegenden, aus Quarzkies und Holzwolle bestehenden Filter. Die Speisepumpe saugt unmittelbar aus dem Reinwasserbehälter, sie betreibt auch gleichzeitig eine kleine Pumpe zur Lieferung der Sodalösung in den Reiniger. Diese Abhängigkeit der zur Verwendung kommenden Menge Sodalösung von der Speisepumpe ist in diesem Falle nicht zweckmäßig, da die Pumpe ununterbrochen arbeitet, die Speisewassermenge aber durch einen Umstellhahn geregelt wird, ohne daß gleichzeitig auch der Sodazufluß geändert wird.

Nach der Inbetriebsetzung des Apparates zeigten sich verschiedene Mängel, u. a. glaubte man den Kalkzusatz zu niedrig gegriffen zu haben und verdoppelte ihn. Mehrfache Abänderungen erforderten ein gänzliches Stillegen des Reinigers. Inzwischen mußte der neue Kessel in Dienst gestellt werden; in gleicher Weise wie früher in den alten, wurden jetzt in diesen Kessel 15 kg Soda täglich mittels Injektors eingespeist. Nach einer anstandslos verlaufenen Woche kam der Reiniger wieder in Benutzung; die nächste Folge waren *Betriebsstörungen an der Maschine.* Zweimal mußte diese geöffnet werden, da sich in ihr ein heftiges *Brummen* hören ließ. Bei der Untersuchung fand man im Dampfzylinder eine harzige, wenig klebrige Masse von dunkelbrauner Färbung; leider wurde diese Masse nicht chemisch untersucht. *Die Ursache der wahrgenommenen Erscheinungen wollte man zunächst schlechtem Öle zuschreiben*; die Ansicht ließ man aber bald fallen, da sich nach Ausschalten des Wasserreinigers nichts auffallendes an der Maschine mehr zeigte. Die ausführende Firma entschloß sich nun zur Auswechslung des Kalkwasserbereiters und betrieb inzwischen den Reiniger nur mit Soda. Der im Winter zur Verfügung stehende Abdampf genügte

aber nicht, um das Wasser bis zur Ausfällung der Bikarbonate zu erwärmen, dieses zeigte vielmehr 13 französische Härtegrade. Deshalb wurde der Sodazusatz erhöht; die Folge war, daß nach vier Tagen an der Maschine wieder die besprochenen Störungen auftraten. Eine aus dem Wasserablasse des Überhitzers entnommene Ausblaseprobe zeigte starke Schlammbeimengung. Indes legte man dieser Wahrnehmung zunächst wenig Gewicht bei, setzte den Reiniger mit einem neuen Kalkwasserbereiter wieder in Betrieb, erhöhte, da der Kalk verwittert war, dessen Menge weiter und erzielte 6½ bis 8 französische Härtegrade. Nach acht Betriebsstunden kam frischer Kalk, der Kalkwasserbehälter wurde damit beschickt und — die Dampfmaschine mußte alsbald wieder stillgelegt werden.

Nun ging man an eine gründliche Untersuchung des Falles und zur Einsendung von Wasserproben und eingehenden Darlegungen an uns. Die Wasserproben waren dem Rohwasser, dem Reinwasserbehälter und dem Dampfkessel entnommen. Ersteres zeigte 22,4 deutsche Härtegrade, wovon 5,5 auf bleibende (Gips-) Härte entfielen. Die Probe aus dem Reiniger besaß noch rund 6,2° deutsche Härte, wovon 0,3° auf Gipshärte trafen; die Reinigung war also nicht als schlecht zu bezeichnen. Das Kesselwasser endlich hatte nur 0,3 Härtegrade, aber einen bedeutenden Überschuß an Soda und Ätznatron (520 bzw. 787 g im cbm), letzteres anscheinend infolge zeitweisen Überschusses an Ätzkalk, der dann mit vorhandener Soda Ätznatron bildete.

Der geschilderte Betrieb gibt in mehrfacher Hinsicht zu Bedenken Anlaß. Fürs erste war, wie schon erwähnt, die Sodazuführung nicht einwandfrei geregelt. Des weiteren scheint trotz der vor-

hergegangenen Wasseruntersuchung mit der Menge der Zusätze einfach herumprobiert worden zu sein. Und endlich scheint es niemanden eingefallen zu sein, den Kessel teilweise abzulassen. Und doch mußte man vornhinein annehmen, daß die im Dampfzylinder vorgefundene Masse aus dem Kessel stamme und auf starken Schlamminhalt desselben schließen lasse.

Leider war es uns nicht möglich, Proben aus dem Dampfzylinder zur Untersuchung zu bekommen; dagegen war dies bezüglich des Niederschlages im Überhitzer der Fall. Dieser enthielt Soda, kohlensauren Kalk, kohlensaure Magnesia (Spur) etwas Eisenoxyd und Tonerde.

Nun entsteht die Frage, warum beim Betrieb ohne Reiniger die besprochenen Erscheinungen nicht aufgetreten sind. Die Erklärung ist nicht schwer: beim Betrieb des Kessels ohne Reiniger war nur Sodaüberschuß im Kessel vorhanden, mit Benutzung des Reinigers gelangte durch übermäßigen Kalkzusatz ein Überschuß davon in das Wasser und verwandelte die Soda teilweise in Ätznatron. Durch das schon bei soda-, vielmehr aber bei ätznatronhaltigem Wasser auftretende Schäumen wurde von dem infolge der mangelhaften Reinigung stark schlammhaltigen Wasser ein Teil in den Überhitzer gerissen, dort eingetrocknet und als Pulver in die Maschine mitgeführt, wo es die erwähnten Störungen herbeiführte. Daß nach Außerbetriebsetzung des Reinigers die genannten Erscheinungen gar nicht oder nur in geringem Maße auftreten, erklärt sich dadurch, daß die mit dem nur sodahaltigen Wasser zugeführte Bikarbonatkohlensäure das Ätznatron in Soda verwandelte und die Hauptursache beseitigte.

Wie bereits erwähnt, war der ursprüngliche,

der Angabe der Wasseruntersuchungsstelle entsprechende Sodazusatz um mehr als die Hälfte zu niedrig; aus diesem Zuwenig wurde aber alsbald auf dem Wege unkontrollierten Probierens ein beträchtliches Zuviel. Allerdings zeigt die untersuchte Probe aus dem Reiniger keinen Sodaüberschuß; aber das beweist nur, daß sie nicht der durchnittlichen Zusammensetzung des gereinigten Wassers entsprach.

Die Wiederholung der Störungen in der Dampfmaschine durch den Betrieb des Wasserreinigers wird vermieden werden können, wenn man zunächst den Kessel von dem stark alkalischen Wasser gänzlich entleert, dann den Reiniger immer warm betreibt, da in diesem Falle ein geringerer Alkaliüberschuß ausreicht als bei kaltem Betriebe, ferner die Reinigung regelmäßig sorgfältig kontrolliert (und zwar nicht nur in bezug auf die Härte des Wassers, sondern auch in bezug auf den Überschuß an Soda und Ätznatron im Reiniger und im Kessel) und endlich regelmäßig in geeigneten Zwischenräumen einen Teil des Kesselinhalts abbläst.

Betriebsstörung an einer Dampfmaschine.

Ein ähnlicher Fall ereignete sich, jedoch unter anderen Voraussetzungen, im Bayerischen Überwachungsgebiete. Die in Frage kommende Anlage besteht aus einem dreistöckigen doppelteiligen Walzenkessel von 70 qm Heizfläche und 10 Atmosphären höchstem Betriebsdruck und einer liegenden Einzylinderdampfmaschine mit Ventilsteuerung und Auspuff.

Die Hauptabmessungen der Maschine sind 350 mm Zylinderdurchmesser und 700 mm Hub.

Bei 25 % Zylinderfüllung und 75 Umdrehungen in der Minute leistet sie rund 80 Indikatorpferdestärken. Vor der Maschine befindet sich ein Wasserabscheider mit Kondenstopf. Das Kesselspeisewasser wird durch einen Patentwasseraufsatz enthärtet.

Seit einiger Zeit machte sich nun in der Maschine ein heftiges Brummen bemerkbar; dieses veranlaßte den Besitzer, in Gegenwart eines Revisionsingenieurs den Zylinder öffnen zu lassen, um nach der Ursache der Erscheinung zu forschen. Nach Abnahme des Zylinderdeckels fand sich nun die Laufflâche, der Kolben und die Innenfläche des Deckels mit einem feinen Staubschleier bedeckt, der allein als Grund für die Störungen in Betracht kommen konnte. Die chemische Untersuchung dieses Niederschlags bestätigte die Vermutung, daß man es mit übergerissenem Schlamm aus dem Kessel zu tun habe. In der Hauptsache bestand die Staubmasse aus kohlensaurem Kalk, wie er bei der angewendeten Wasserreinigung sich bildet. Es wäre ungerecht, dieser letzteren die Schuld an dem Vorfalle aufzubürden. Zwar arbeitet sie insofern nicht zufriedenstellend, als offenbar ein erheblicher Teil der Kesselsteinbildner erst im Kessel selbst ausgefällt wird. Daran ist aber die übermäßige Beanspruchung des Kessels schuld, wofür die Enthärtungsanlage nicht berechnet ist. Auf dieselben Umstände ist das Überreißen des Schlammes in den Zylinder zurückzuführen. Der in die Leitung eingeschaltete Kondenstopf versagte, wie die Untersuchung zeigte, vollständig den Dienst; der Dampf blies ungehindert durch. Wie sehr die Anlage überlastet ist, geht aus den Ergebnissen von Versuchen hervor, die vom Bayerischen Revisionsverein an der Anlage vorgenommen wurden. Die mittlere stündliche Dampfleistung wurde zu 24,1 kg uf 1 qm Heizfläche ermittelt; das ist für einen

Walzenkessel zu viel. Auf dem Stufenrost mit 1,75 qm Brennfläche wurden stündlich 225,1 kg Holzabfälle und 188,3 kg Kohlen verheizt. Dabei ergaben sich Abgastemperaturen von über 400° C. Unter diesen Verhältnissen wurde nur ein Wirkungsgrad von rund 60% des Brennstoffheizwertes erreicht.

Glas im Öl.

Wenn man bedenkt, daß bei der Herstellung, beim Versand und beim Umfüllen die große Menge des Öles niemals mit Glas in Berührung kommt, sollte man annehmen, daß, falls sich Glaspartikel im Schmieröl vorfinden, nur grobe Fahrlässigkeit zugrunde liegen kann. Wenigstens glaubt man stets in den Fällen, in welchen aus obigem Grunde Reklamationen geführt werden, immer annehmen zu müssen, daß Nachlässigkeit vorliegt. Daß jedoch auch ein anderer Grund für das Vorhandensein von Glassplittern im Öl bestehen kann, hat vor kurzem durch entsprechende Untersuchungen Herr Wilh. Nicolin in M.-Gladbach, feststellen können.

Von seiten eines größeren Werkes wurde geklagt, daß im Öl wiederholt Glas konstatiert wäre und dadurch ein Lager heißgelaufen sei. Es gelang nun zunächst nicht festzustellen, auf welche Weise Glas in das Öl gelangt sein könnte; auch im Öl selbst konnte bei der Untersuchung kein Glas gefunden werden. Trotzdem wiederholte sich nach einiger Zeit der Vorfall und konnte jetzt mehrfach Glas in den Ölkannen nachgewiesen werden.

Die Stimmung der Beteiligten war natürlich eine recht ungünstige für den Lieferanten des Öls geworden, bis es endlich dessen Bemühungen gelang, die Ursache dieses jedenfalls eigenartigen, aber sicherlich schon häufiger der Grund früherer

Reklamationen gewesenen Vorfalls aufzufinden, indem derselbe die zum Abfüllen des Öles benutzte Pumpe einer eingehenden Untersuchung unterzog. Diese Untersuchung brachte dann endlich volle Aufklärung.

Die Abfüllpumpe, deren innere Einrichtung aus Figur 57 ersichtlich ist, enthält als Ventilkörper zwei Glaskugeln A und B von ca. 18 mm Durchmesser. Es ist dies eine Einrichtung, der, da Glas auch Mineralöl gegenüber ein vollkommen neutraler Körper ist, an und für sich nichts vorzuwerfen wäre, indessen hat sich bei der eingehenden Untersuchung gezeigt, daß die Kugel A bei starker Betätigung der Pumpe gegen das untere Ende der Kolbenstange C durch die Gewalt des einströmenden Öles geschleudert wird. Dadurch wurden von der A-Ventilkugel kleine Glaspartikel abgestoßen, und es ist dies eine ganze Zeitlang möglich gewesen, ohne daß die Funktion der Pumpe gestört wurde. Dasselbe war auch bei der B-Ventilkugel, wenn auch nicht in dem gleich starken Maße, der Fall. Diese Kugel wurde beim zeitweisen starken Anprallen

Fig. 57: Ölpumpe.

gegen die Fanghaube D beschädigt. — Die Figur 58 zeigt die am meisten abgenutzte

Fig. 58: Glas im Öl.

Fig. 59: Glas im Öl.

Ventilkugel A und die Figur 59 die Kugel B, die beide der zur Zeit der Revision noch im Betriebe befindlichen Pumpe entnommen wurden.

VII. Nachtrag von Rezepten.

Bohröl-Zusammensetzung (siehe Seite 122).

1. 160 Gewichtsteile Mineralöl, 30 Gewichtsteile Harzöl, und 25 Gewichtsteile Olein werden mit Natronlange von 32° Bé und Spiritus versetzt. Letzterer hat hier wie auch in den folgenden Bohrölrezepten den Zweck der Klärung. — Oder

2. 80 Gewichtsteile Mineralöl, 2 Gewichtsteile helles Harzöl, 18 Gewichtsteile blondes Olein, 5 Gewichtsteile Natronlauge von 38° Bé, 2,5 Gewichtsteile Ammoniak vom spezifischen Gewicht 0,910 und 1 Gewichtsteil Spiritus. — Oder

3. 60 Gewichtsteile Mineralöl, 5 Gewichtsteile Harzöl, 25 Gewichtsteile Olein, 8 Gewichtsteile Ammonial (spezifisches Gewicht 0,910) und 8 Gewichtsteile Spiritus

Bisweilen setzt man solche Öle mit Sulforizinussäure an, um die Emulsionen besser haltbar und die Öle fetter zu machen. Ein solches Rezept ist folgendes:

4. 50 Gewichtsteile Mineralöl, 32 Gewichtsteile Harzöl, 30 Gewichtsteile Olein, 20 Gewichtsteile Sulforizinussäure mit Ammoniak vom spezifischen Gewicht 0,910.

Hahnschmiere.

Nach D. R. P. 189 271 feuchtet man vollständig reinen Graphit mit nur etwa 6—10 Gewichtsteilen neutralen Mineralölen oder ähnlichen Kohlenwasserstoffen, die hohe Siedetemperaturen besitzen, an und formt die Masse unter hohem Druck von etwa 10 Atmosphären zu Stangen, Kugeln, Tabletten oder Würfeln.

Anhang.

I. Preußische Staatseisenbahnverwaltung.

Besondere Bedingungen für die Lieferung von

Mat.-Nr.
(14) **Mineralschmieröl,**
(20) **Stellwerksöl und**
(15) **Petroleum.**

§ 1. **Beschaffenheit.** Das **Mineralschmieröl** soll als Sommer- und Winteröl geliefert werden und folgenden Bestimmungen genügen:

Es soll betragen bei 20° C: das spezifische Gewicht 0,900 bis 0,940, der Flüssigkeitsgrad, bezogen auf destilliertes Wasser von 20° C, für

	a) Sommeröl		b) Winteröl	
	20°	50° C	20°	50° C
obere Grenze:	60	10	45	7,5
untere Grenze:	40	7	25	4,5

Auf 160° C erhitzt, soll das Sommeröl, auf 145° C erhitzt, das Winteröl entflammbare Dämpfe nicht entweichen lassen. Das Sommeröl soll bei —5° C, das Winteröl bei —20° C noch fließend sein, d. h. es soll, einem gleichbleibenden Drucke von 50 mm Wassersäule ausgesetzt, in einem Glasröhrchen von 6 mm innerer Weite noch mindestens 10 mm in einer Minute steigen. Das Öl soll wasserfrei und frei von Mineralsäuren sein, darf organische Säuren höchstens 0,3 vom

Hundert (auf Schwefelsäure-Anhydrit berechnet) enthalten, nur schwachen Geruch besitzen, soll sich im Verhältnis von 1 : 40 Raumteilen in Petroleumbenzin von 0,67—0,70 spezifischem Gewicht vollkommen lösen lassen, in einem Probierglas von 20 mm lichter Weite eine klare Lösung von hellbrauner Farbe und nach 24 stündigem Stehen nur Spuren von Niederschlag zeigen. Das Öl darf keine fremdartigen Beimengungen enthalten und selbst nach längerem Lagern keinen Bodensatz bilden, auch darf es kein Trocknungsvermögen besitzen, d. h. in dünnen Lagen längere Zeit den Einwirkungen der Luft ausgesetzt, weder verharzen, noch zu einer firnisartigen Schicht eintrocknen.

Das **Stellwerksöl** soll helles Mineralöl zum Schmieren von Stellwerken u. dgl. sein. Es muß klar, wasser- und säurefrei und in Petroleumbenzin von 0,67—0,70 spezifischem Gewicht klar löslich sein.

Das Öl soll bei 20° C ein spezifisches Gewicht nicht unter 0,900 und nicht über 0,915 haben, sowie eine Viskosität von 10—20 besitzen. Auf 160° C erhitzt, soll es entflammbare Dämpfe nicht entweichen lassen und bei —15° C noch fließend sein.

Das **Petroleum** muß bestgereinigt, frei von mechanischen Verunreinigungen, klar und wasserhell sein, eine weiße oder gelblichweiße Farbe und weder den Geruch roher Naphta, noch den des Rohpetroleums haben. Bei 20° C muß amerikanisches Petroleum (standard white) ein spezifisches Gewicht von 0,792—0,807, russisches, österreichisches und rumänisches Petroleum ein solches nicht über 0,820 besitzen.

Bei einem Barometerstand von 760 mm bis zu 23° C erwärmt, darf das Petroleum entflammbare Dämpfe nicht entweichen lassen.

Es muß mit heller und weißer Flamme in gewöhnlichen Lampen brennen, ohne zu rußen oder Geruch zu verbreiten.

§ 2. **Lieferung.** Das Mineralschmieröl ist in Fässern, deren Bruttogewicht 250 kg nicht übersteigen darf, das Stellwerksöl in Fässern mit höchstens 50 kg Inhalt, das Petroleum, soweit solches nicht in Kesselwagen von rund 10000 kg Inhalt, verlangt wird, in Original-Gebinden (Barrels) mit ungefähr 150 kg Inhalt zu liefern. Die mit kleinen Blechschildern, auf denen das Firmenzeichen und die fortlaufende Nummer deutlich eingestanzt ist, zu versehenden Fässer müssen mit eisernen Reifen gebunden, durchaus dicht, versandtüchtig und lagerfähig sein. Die Spunde der Fässer sind durch sicher übergenagelte Blechstreifen oder in sonst geeigneter Weise gegen Lockerwerden und Herausfallen zu sichern.

Die Schilder sollen auf dem Ende der mit Spundloch versehenen Faßdaube, das dem das Zapfloch enthaltenden Boden zugewandt ist, angebracht werden.

Die Fässer mit Mineralschmieröl müssen außerdem an dem mit dem Zapfloche versehenen Boden in deutlicher Ölfarbenanschrift die Bezeichnung enthalten, ob der Inhalt Sommer- oder Winteröl ist.

Nach Entleerung der Fässer, die dem Verbrauche der Öle entsprechend stattfindet, werden sie ohne Gewähr für deren unbeschädigten Zustand dem Lieferer an dem Empfangs- (Erfüllungs-) Orte zur Verfügung gestellt und sind nach schriftlicher Aufforderung innerhalb 14 Tagen zu entfernen.

Den Rechnungen für die einzelnen Lieferungen sind Nachweisungen beizufügen, aus denen das Brutto-, Tara- und Nettogewicht eines jeden Fasses zu ersehen sein muß. Die bei der Abnahme am Erfüllungsorte ermittelten Bruttoabweichungen werden den Lieferanten mitgeteilt und in der Rechnung gekürzt oder zugesetzt. Die angegebenen Taragewichte werden der Berechnung des Nettogewichts einstweilen zugrunde gelegt. Nach Entleerung der Fässer werden die Taragewichte geprüft und etwaige Abweichungen von den Angaben in den Nachweisungen in der nächsten Rechnung ausgeglichen oder von den Lieferanten eingezogen.

§ 3. **Güteprüfung.** Die Vornahme der Güteprüfung, sowie die geeignete Feststellung der Beschaffenheit der gelieferten Öle bleibt nach Maßgabe der allgemeinen Vertragsbedingungen für die Ausführung von Leistungen und Lieferungen der Anordnung der Verwaltung überlassen.

Nur die mittels der nachstehend beschriebenen Vorrichtungen gefundenen Prüfungsergebnisse sind für die Abnahme maßgebend.

Zur Feststellung des Flüssigkeitsgrades von Mineralschmieröl und Stellwerksöl soll ein geeichtes Englersches Viskosimeter zur Anwendung kommen.

Zur Feststellung des Entflammungspunktes dieser beiden Öle soll die nachstehend gezeichnete und beschriebene Vorrichtung angewendet werden. Die Entflammung darf bei der dort angegebenen Behandlung des Öls nicht eintreten, ehe die Wärme desselben $+160^0$ C bzw. 145^0 C erreicht hat.

Das Verhalten des Mineralschmieröls in der Kälte soll mittels der nachstehend beschriebenen und dargestellten Vorrichtung nach der Gebrauchsanweisung geprüft werden. Bei dieser Behandlung soll das Öl im Probierröhrchen bei -5 bzw. -20^0 C mindestens 10 mm in der Minute steigen.

Das Winteröl soll diese Kältebeständigkeit nicht nur im Zustande der Anlieferung, sondern auch dann zeigen, wenn es auf + 50° C angewärmt und während einer halben Stunde in einem Wasserbade von + 20° C wieder abgekühlt ist.

Zur Feststellung des Entflammungspunktes von Petroleum soll ein durch die Kaiserliche Normal-Eichungs-Kommission zu Berlin beglaubigter Abelscher Petroleumprober unter Beachtung der von dem Herrn Reichskanzler unterm 21. April 1882 wegen Handhabung des Abelschen Probers erlassenen näheren Vorschriften benutzt werden.

Bescheinigungen von Test-Bureaus, die die bedingungsmäßige Beschaffenheit des angelieferten Petroleums auf Grund einer sogenannten prozentischen Prüfung oder auf Grund anderer Prüfungsverfahren nachweisen, werden als für die Prüfung und Abgabe maßgebend nicht anerkannt.

Zur weiteren Prüfung, ob das Petroleum bestgereinigt ist und keine Erdölsäuren in unzulässiger Menge enthält, wird die Natronprobe nach Charitschkow angewandt. Sie wird in der Weise vorgenommen, daß 300 ccm Petroleum mit 18 ccm Ätznatronlösung von 2° Bé in einem 1/2 Literkolben mit eingeschliffenem Stöpsel auf einem Wasserbade bis 70° C erwärmt und nachher eine Minute lang geschüttelt werden. Alsdann wird das Gemisch in einen Scheidetrichter gegossen, der abgesetzte Laugenauszug durch Fließpapier in ein dünnwandiges Probierglas von 15 mm Durchmesser filtriert und zur abfiltrierten, klaren Lösung tropfenweise konzentrierte Salzsäure bis zur schwachsauren Reaktion zugesetzt. Wenn sich hierbei die mit Salzsäure versetzte Laugenlösung so stark getrübt hat, daß man nach dem Anlegen des Probierglases an die vorliegenden Lieferungsbedingungen durch die Flüssigkeit hindurch die kleine Druckschrift nicht mehr entziffern kann, so wird das der Prüfung unterzogene Petroleum, weil ungenügend gereinigt, von der Abnahme ausgeschlossen. Die Leseprobe wird unmittelbar nach erfolgter Ansäuerung angestellt.

§ 4. **Ersatz.** Für die von der Abnahme ausgeschlossenen Öle ist innerhalb 2 Wochen nach erfolgter Aufforderung bedingungsgemäßer Ersatz zu leisten. Das zurückgewiesene Öl lagert am Empfangs- (Erfüllungs-) Orte auf Gefahr des Lieferers.

§ 5. **Proben.** Zu dem Angebot, aber getrennt von ihm, sind die Proben, deutlich und haltbar mit dem Namen und Wohnort des Bewerbers bezeichnet sein müssen, kostenfrei einschließlich des Bestellgeldes einzusenden und zwar von Petroleum 5 kg in luftdicht verschlossenen und versiegelten Blechgefäßen von 2 und 3 kg Inhalt, von Mineral-

schmieröl und Stellwerksöl je 2 kg in versiegelter, aus starkem, weißem Glase bestehender Flasche.

Vorrichtung zur Ermittelung des Entflammungspunktes von Mineralschmieröl und Stellwerksöl, sowie deren Anwendung.

Es ist:

a) eine halbkugelförmige Blechschale von 18 cm Durchmesser, 1,5 cm hoch mit feinem Sand gefüllt;

b) Einsatz, 1,5 cm vom Boden der Schale a entfernt;
c) ein zylindrischer glasierter Porzellantiegel von 4 cm Höhe und 4 cm lichtem Durchmesser zur Aufnahme des zu untersuchenden Öls;
d) ein kurzes Rohr mit einem oben und unten in der Längsrichtung versehenen Schlitz von 3 cm Länge;
e) ein Bolzen im Rohr d genau eingepaßt;

f) ein Zündrohr mit Gummischlauch;
g) ein Stift, unten mit dem Bolzen e, oben mit dem Zündrohr f fest verbunden;
h) ein Holzgriff am rechten Ende des Bolzens e;
i) ein Thermometer für Wärmegrade zwischen 100 und 200° C:
k) ein Bunsenscher Regulierbrenner mit Hahn und Gummischlauch, der Hahn behufs genauer Einstellung mit Einteilung versehen;
l) ein Arm mit Klemme zur Festhaltung des Thermometers i.

Der Porzellantiegel wird bis auf 1 cm vom Rande mit Öl gefüllt und auf den Einsatz b gesetzt. Das Thermometer ist so einzuspannen, daß die Quecksilberbirne vollständig vom Öl umspült wird. Die Blechschale schützt die Öloberfläche während der Prüfung vor nachteiligen Luftströmungen.

Die Erhitzung ist von 100° C ab langsam zu bewirken, so daß keine teilweise Überhitzung eintreten kann. Während der letzten 15° vor Erreichung des Entflammungspunktes ist die Erhitzung so zu regeln, daß die Temperatursteigerung in einer Minute tunlichst 3—4° nicht überschreitet. Hat das Öl den Wärmegrad, bei dem es geprüft werden soll, erreicht, so dreht man das Zündrohr mittels des Bolzengriffes h aus der Einklinkung des Schlitzes um Rohr d nach vorn in die horizontale Lage, nachdem die Zündrohrflamme auf 10 mm Länge eingestellt ist, und bewegt es im Schlitze langsam und gleichmäßig einmal hin und her, so daß die Flamme sich jedesmal 4 Sekunden über dem Tiegel befindet und von den etwa sich entwickelnden Dämpfen bestrichen wird. Bei Ermittelung des Entflammungspunktes von 160° wird mit dieser Prüfung angefangen, sobald sich das Öl mit 120° erwärmt hat, und bis zur Erwärmung auf 145° von 5° zu 5°, von 145° aufwärts von Grad zu Grad wiederholt. Bei Ermittelung des Entflammungspunktes von 145° C ist die Prüfung zu beginnen, sobald sich das Öl auf 100° Grad erwärmt hat, und bis zur Erwärmung auf 130° von 5° zu 5° und von 130° aufwärts von Grad zu Grad zu wiederholen. Die Erwärmung soll so lange fortgesetzt werden, bis bei Annäherung des Flämmchens ein vorübergehendes Aufflammen über der Öloberfläche oder eine durch schwachen Schall vernehmbare Verpuffung eintritt.

Vorrichtung zur Ermittelung des Kältepunktes und deren Anwendung.

Die Vorrichtung besteht aus den Teilen zur Herstellung des gleichmäßigen Luftdrucks von 50 mm Wassersäule und

den Teilen zur Abkühlung des Öls auf einen bestimmten Kältegrad.

In das Glas f ist ein durch Gewicht beschwerter Glastrichter g gestülpt, welcher mittels Gummischlauch und |— Rohr mit dem Spannungsmeßrohr e in Verbindung steht. Letzteres ist mit gefärbtem Wasser gefüllt und wird durch den Arm eines Ständers i gehalten. Beim Eingießen von Wasser in das Glas f zeigt sich die Pressung der in dem Trichter eingeschlossenen Luft in dem Unterschied des Wasserstandes in den Schenkeln des Rohres e. Diese Pressung läßt sich, bevor der Schlauch c auf das Ölprobierglas gesteckt wird, durch Öffnen und Schließen der Schlauchklemme o genau auf 50 mm einstellen bzw. dauernd erhalten. An den Schlauch c ist mittels |— Rohr ein Luftauslaßschlauch mit der Klemme h angeschlossen, um eine vorzeitige Luftpressung auf des Öl beim Aufsetzen des Schlauches auf das Probierglas zu verhüten. Die Abkühlung des Öls geschieht in U-förmigen, mit mm-Teilung versehenen, 6 mm weiten Röhrchen in dem mit dem Kälte erzeugenden Mittel gefüllten, emaillierten Blechgefäß k. Letzteres steht in einem größeren mit Filz umhüllten und mit Ablaßröhrchen versehenen Tongefäß l, das mit einer aus Viehsalz und Eis bestehenden Kältemischung gefüllt ist.

Um mehrere Proben zu gleicher Zeit ausführen zu können, sind 4 Ölprobiergläschen an dem beweglichen Halter b aufgehängt, in dessen Arme mit Klemmen sie leicht eingesetzt und ausgelöst werden können. Das Thermometer m in der Salzlösung zeigt den Kältegrad der Lösung bzw. des Öls an.

Die mit Öl etwa 30 mm hoch gefüllten Probiergläschen sollen, sobald die Salzlösung ihren Gefrierpunkt erreicht hat, soweit in sie gesenkt werden, daß das Öl 10 mm tiefer als die Oberfläche der Lösung steht.

Nach 1 Stunde wird der Schlauch c des fertig gemachten Druckapparats bei offener Klemme h auf ein Probierglas geschoben, letzteres soweit aus der Lösung gezogen, daß man die Ölkuppe sehen kann, und nach schließen der Klemme h die Klemme o geöffnet. Hiernach beobachtet man, ob das Öl unter dem eintretenden Druck in einer Minute um 10 mm im Schenkel steigt.

Nachdem die Klemmen o und h wieder geschlossen bzw. geöffnet sind, wird der Schlauch c abgelöst und kann die Prüfung der übrigen Öle erfolgen.

Zur Erzeugung des beständigen Kältegrades von —5° C dient eine Lösung von 13 Teilen Kaliumnitrat und 3,3 Teilen Kochsalz auf 100 Teile Wasser, des Kältegrades von — 20° C eine aus 1 Teil Viehsalz und 2 Teilen fein zerkleinertem Eis bestehende Kältemischung. Mit dieser letzteren Mischung ist auch das Tongefäß gefüllt.

Bei Verwendung chemisch nicht reiner Salze kann eine Berichtigung des Gefrierpunktes durch Kochsalz herbeigeführt werden, indem geringe Zusatzmengen den Gefrierpunkt herabziehen.

II. Bayerische Staatseisenbahnen.

Besondere Bedingungen für Lieferung von Mineralschmieröl.

(Aufgestellt im Juni 1907.)

1. Das aus Erdöl gewonnene zum Schmieren von Lokomotiven (auch für die Dampfzylinder in Mischung mit Rüböl) und Wagen verwendete Mineralschmieröl darf keinerlei fremdartige Beimengungen enthalten, muß frei von Wasser, Säure und mechanischen Verunreinigungen sein und soll — in dünnen Schichten längere Zeit den Einwirkungen der Luft ausgesetzt — weder eintrocknen noch verharzen.

2. Von der Raffination herrührende Rückstände müssen so vollkommen entfernt sein, daß das Öl in Berührung mit

heißem Wasser oder Dampf keinerlei Veränderungen erleidet, besonders nicht emulgiert.

3. Das spezifische Gewicht soll bei einer Normaltemperatur von +15° C nicht unter 0,905 und nicht über 0,940 liegen.

4. Der Flammpunkt darf — im Pensky-Martenschen Apparate bestimmt — bei Winteröl nicht unter 135° C, bei Sommeröl nicht unter 145° C liegen.

5. Die Viskosität (der Flüssigkeitsgrad) soll — auf Wasser von +20° C = 1 bezogen — im amtlich geeichten Englerschen Viskosimeter zwischen folgenden Flüssigkeitswerten sich bewegen:

	Winteröl	Sommeröl
+20° C	25—50	50—80
+50° C	4,5—7,5	7,5—11,0

6. In ein U-förmig gebogenes Glasrohr von 6 mm lichter Weite bis zur Höhe von 30 mm gefüllt, muß sowohl im Anlieferungszustand als auch nach 10 Minuten langem Erhitzen auf 50° C das Sommeröl bei —5° C, das Winteröl bei —15° C nach wiederholtem einstündigen Abkühlen den Flüssigkeitsgrad in der Weise beibehalten, daß bei gleichbleibendem Druck von 50 mm Wassersäule das Öl in dem U-Röhrchen in einer Minute noch mindestens 10 mm steigt.

7. Die Mineralöle müssen in Benzol klar löslich sein und dürfen suspendierte Asphaltstoffe nicht enthalten.

Im Verhältnis 1 : 40 mit Normalbenzin (nach den Vorschriften des Deutschen Verbandes für die Materialprüfung der Technik) gemengt, dürfen diese Öle nach 24stündigem Stehen an einem vor direktem Sonnenlichte geschützten Orte bei der Filtration nach vollständigem Auswaschen nicht mehr als 0,3% Rückstand hinterlassen.

Besondere Bedingungen für die Lieferung von Zylinderöl für Lokomotiven und Dampfschiffe.

(Aufgestellt im November 1905.)

1. Das Zylinderöl soll ein aus Erdöl bester Qualität gewonnenes Produkt sein; Beimengungen von vegetabilischen und animalischen Ölen oder Fetten zur Erhöhung des Schmierwertes sind zulässig, im Angebot ist jedoch die Natur und Menge derartiger Zusätze anzugeben.

2. Das Zylinderöl muß wasserfrei und entsprechend rein sein, es darf weder harzende oder teerige noch schleimige, erdige oder sonstige feste Stoffe enthalten und nach längerem Lagern auch keinen Bodensatz zeigen. In dünner Schichte bei 100° C 5—24 Stunden lang erhitzt, darf das Öl weder verharzen noch eintrocknen.

3. Das Zylinderöl soll in Benzol klar und ohne Rückstand löslich sein; beim Vermengen mit 40 Teilen Normalbenzin von spezifischem Gewicht 0,700 bei +15° C sollen sich nach 24stündigem Stehen keine wägbaren Abscheidungen ergeben; der Gehalt der in Äther-Alkohol (2 : 1) unlöslichen Stoffe soll 1,0 % nicht übersteigen.

4. Seifen und Salze oder irgendwelche von der Fabrikation herrührende Rückstände, welche in Berührung mit heißem Wasser oder Dampf den Schmierwert ungünstig beeinflussen, dürfen keinesfalls vorhanden sein.

5. Der Gehalt an organischen Säuren darf als Säurezahl die Norm 1 und dementsprechend als Schwefelsäureanhydrit berechnet 0,07 % nicht übersteigen.

6. Das spezifische Gewicht soll bei +15° C zwischen 0,890 und 0,950 liegen.

7. Der Flammpunkt soll im offenen Tiegel nicht unter 280° C, im Pensky-Martens Apparat nicht unter 250° C liegen.

8. Die Verdampfbarkeit des Zylinderöls soll so gering sein, daß nach zweistündigem Erhitzen auf 200° C der Gewichtsverlust nicht mehr als 0,20 % beträgt.

9. Der Flüssigkeitsgrad (Viskosität) soll — auf Wasser von +20° C = 1 bezogen — im amtlich geeichten Englerschen Viskosimeter bei +100° C nicht unter 3, bei 150° C nicht unter 1,5 liegen.

10. Das Zylinderöl soll bei +15° C noch so fließend sein, daß bei einer Auffüllhöhe von 12 cm im zylindrischen Gefäße von 5 cm Weite 10 ccm desselben aus einer Öffnung von 4 mm lichter Weite in längstens 10 Minuten auslaufen.

Besondere Bedingungen für die Lieferung von Mineralschmieröl für Dynamo- und Gaskraftmaschinen zur Weichen- und Signalzentralisierung.

(Aufgestellt im Juni 1907.)

Das Mineralschmieröl muß ein vollständig klares, reines säure- und wasserfreies Destillat sein und darf weder pflanzliche noch tierische Öle oder Fette, noch sonstige fremdartige Beimengungen enthalten.

In dünnen Schichten längere Zeit den Einwirkungen der Luft ausgesetzt, soll es weder verharzen noch eintrocknen.

Das spezifische Gewicht darf bei +15° C nicht unter 0,900 und nicht über 0,915 sein.

Der Entflammungspunkt soll bei der Bestimmung im Pensky-Apparate nicht unter 175° C liegen. Die Viskosität soll — auf Wasser von 20° C = 1 bezogen — in dem amtlich geeichten Englerschen Apparat bei +20° C = 30—40; bei 50° C = 5—7 sein.

Das Öl muß in Benzol und in Petroleumbenzin vollständig klar und ohne Rückstand löslich sein.

III. Sächsische Staatseisenbahnen.

Allgemeine Bedingungen für die Lieferung von Mineralschmieröl.

§ 1. **Beschaffenheit, Muster.** Das zu liefernde Winter- und Sommerschmieröl dient zum Schmieren der kalten Lokomotivteile, der Tender- und Wagenachsen sowie der kalten Teile der Dampfmaschinen und zum Schmieren der Dynamomaschinen, Elektromotoren, Werkzeugmaschinen usw. Das in kleinerer Menge zu liefernde Zylinderschmieröl dient zum Schmieren der Dampfkolben, Dampfschieber und sonstiger in Dampf laufenden Teile.

Das Schmieröl muß völlig säure-, teer-, harz- und wasserfrei sein und darf bei längerer Lagerung keinerlei Bodensatz bilden. Es muß reines Mineralöl ohne Beimischung von Pflanzen- oder tierischem Öl oder sonstiger Beimischung sein.

Das Winterschmieröl muß noch bei -20^0 C, das Sommeröl bei -10^0 C vollkommen flüssig bleiben.

Beide Öle dürfen bei $+50^0$ C nicht flüssiger sein als Rüböl bei gleicher Wärme.

Das Zylinderschmieröl soll sich unter 300^0 C noch nicht zersetzen.

In den Angeboten, zu welchen der verwaltungsseitig aufgestellte Vordruck zu benutzen ist und welche sich auf die ganze ausgeschriebene Menge oder auch nur auf einen Teil derselben erstrecken können, muß wahrheitsgetreu und bindend angegeben sein, ob das Öl deutschen, russischen oder amerikanischen oder sonstigen Ursprungs ist oder ob und aus welcher Mischung es besteht. Handelsfirmen haben außerdem noch die Bezugsquelle anzuführen. Von jeder angebotenen Ölsorte ist ein Muster von etwa 1 kg bei Einreichung der Angebote unentgeltlich und kostenfrei an das Werkstättenbureau in Dresden-A., Strehlenerstraße 1, abzusenden. Eine Rücksendung bzw. Bezahlung der Muster findet nicht statt.

In den Angeboten ist ferner in Bezug auf das zu liefernde Schmieröl anzugeben:

a) Zähigkeitsgrad im Vergleich zu rohem Rüböl, d. h. diejenige Zahl, welche angibt, wievielmal das Öl bei $+3^0$, $+18^0$, $+50^0$ C dickflüssiger ist als Rüböl bei diesen Wärmegraden, bestimmt nach der Zeit, welche das Öl braucht, um unter unveränderlichem Druck

auf eine bestimmte Höhe in einer Röhre zu steigen, bzw. aus einem Gefäss durch eine feine Öffnung auszufließen,

b) Wärme in °C, bei welcher sich sichtbare Dämpfe entwickeln,

c) Wärme in °C, bei welcher sich entzündbare Dämpfe entwickeln,

d) Wärme in °C, bei welcher das Öl brennt,

e) spezifisches Gewicht des Öles bei +20° C.

IV. Württembergische Staatseisenbahnen.

Bedingungen für die Lieferung von Schmierölen usw.

Mineralschmieröl (Sommer- und Winteröl). Das Öl soll wasserfrei und frei von Mineralsäuren sein, darf organische Säuren höchstens 0,3% (auf Schwefelsäure-Anhydrit berechnet) enthalten und nur schwachen Geruch besitzen. Dasselbe darf keine fremdartigen Beimengungen enthalten und selbst nach längerem Lagern keinen Bodensatz bilden, auch darf es kein Trocknungsvermögen besitzen, d. h. in dünnen Lagen längere Zeit den Einwirkungen der Luft ausgesetzt weder verharzen, noch zu einer firnisartigen Schicht eintrocknen.

Das Öl soll sich im Verhältnis von 1 : 40 Raumteilen in Petroleumbenzin von 0,67—0,70 spezifischem Gewicht vollkommen lösen lassen, in einem Probierglas von 20 mm Weite eine klare Lösung von hellbrauner Farbe und nach 24stündigem Stehen nur Spuren von Niederschlag zeigen.

Das spezifische Gewicht des Öls soll bei 20° C zwischen 0,900 und 0,940 liegen.

Der Flammpunkt darf bei Bestimmung im offenen Tiegel bei Sommeröl nicht unter 160° C, hei Winteröl nicht unter 145° C liegen.

Der Flüssigkeitsgrad soll bei 20° C (bezogen auf destilliertes Wasser von derselben Temperatur)

bei Sommeröl zwischen 40 und 60,
bei Winteröl zwischen 25 und 45

bewegen.

Das Sommeröl soll bei —5° C, das Winteröl bei —20° C noch fließend sein, d. h. es soll, einem gleichbleibenden Druck von 50 mm Wassersäule ausgesetzt, in einem Glasröhrchen von 6 mm innerer Weite noch mindestens 10 mm in einer Minute steigen, und zwar soll es diese Kältebeständigkeit nicht nur im Zustand der Anlieferung, sondern auch dann zeigen, wenn es auf +50° C angewärmt und

während einer halben Stunde in einem Wasserbade von $+ 20^{0}$ C wieder abgekühlt ist.

Die Preise sind für 100 kg netto, Faß frei, zu stellen, und zwar für Lieferung frei Eßlingen und frei Heilbronn.

Muster von Sommer- und Winteröl je 2 kg einzusenden.

Talg muß aus ganz reinem Rindsfett bestehen; sein Schmelzpunkt darf nicht unter 42^{0} C und sein Erstarrungspunkt nicht unter 37^{0} C liegen. Er darf mit anderen Fetten nicht gemischt sein und keine fremden Bestandteile, wie Stärke, Kartoffelmehl, Schwerspat, Kreide usw. enthalten; zufällige Verunreinigungen dürfen 1 % nicht erreichen.

Das spez. Gewicht des Talges muß 15^{0} C zwischen 0,943 und 0,953 liegen; er muß selbst bei gewöhnlicher Temperatur fest, von reiner, heller, möglichst weißer Farbe, säure- und wasserfrei, nahezu geschmack- und geruchlos sein, darf beim Flüssigmachen durch Erwärmen weder einen Schaum geben, noch üblen Geruch verbreiten, auch keinen Bodensatz hinterlassen und muß sich in siedendem Alkohol von 0,822 spez. Gewichte bzw. in Äther vollständig lösen.

Der Gehalt an Fettsäure darf höchstens 6 Säuregrade betragen (s. unten: Rüböl) und 1,8 % keinenfalls übersteigen.

Ist in hölzernen Gebinden von etwa 50 kg zu liefern; die Gebinde verbleiben der Verwaltung. Muster 0,5 kg.

Leinöl muß gut abgelagert, rein und hell, frei von Schleim und Bodensatz sein und leicht trocknen. Muster 0,5 kg.

Preis für 100 kg (mit Faß) zu stellen.

Putzöl muß von goldgelber, durchscheinend klarer Farbe, frei von Steinkohlen-Teeröl und wasserfrei sein, darf Lacke und Farben nicht angreifen, keine Flecken auf Stoffen hinterlassen, Augen und Nase nicht belästigen. Unlösliche Bestandteile dürfen mehr als 1,5 % nicht vorhanden sein. Bei Abkühlung auf 2^{0} C muß das Putzöl noch flüssig und klar bleiben.

Dasselbe muß rückstandslos destillierbar sein und darf dabei keine unter 130^{0} und keine über 300^{0} C siedenden Bestandteile enthalten. Muster 2 kg.

Terpentinöl muß wasserhell und von vorzüglicher Qualität sein. Der Geruch muß milde und darf nicht belästigend sein. Das spezifische Gewicht soll bei 15^{0} C 0,86—0,89 betragen.

Das Öl soll weder Harze, noch fremde Kohlenwasserstoffe enthalten und muß bei $15—17^{0}$ C eine Refraktometerzahl von 68—72 aufweisen. Wird ein Tropfen auf weißes Papier gebracht, so dürfen nach dem Verdunsten keine Ränder sichtbar bleiben.

Das Öl muß vollkommen flüchtig sein; beim Destillieren darf sich der Siedepunkt nur von 150° bis 170° C bewegen und kein merklicher harziger Rückstand hinterbleiben.

Ist in Korbflaschen mit fest schließendem Stöpsel zu liefern. Muster 1 kg.

Fußbodenöl muß geruchlos reines Mineralöl ohne jede fremde Beimischung sein. Es darf nicht entscheint, nicht parfümiert, nicht künstlich gefärbt und höchstens von gelblicher Farbe sein.

Der Entflammungspunkt darf nicht unter 150° C liegen, das spezifische Gewicht nicht unter 0,873 und nicht über 0,896 betragen; der Flüssigkeitsgrad bei 20° C — bezogen auf Wasser von derselben Temperatur — soll sich zwischen 3,5 und 6,5 bewegen.

Preis für 100 kg netto, Faß frei, zu stellen.

Erdöl muß von stets gleichmäßiger Beschaffenheit, vollkommen rein und klar, von weißer oder schwach gelblicher Farbe mit blauem Schimmer und unverfälscht sein. Der Geruch darf nur schwach und nicht unangenehm sein.

Dasselbe muß ganz säurefrei sein.

Mit Schwefelsäure von 1,53 spezifischen Gewicht zu gleichen Raumteilen (50 zu 50 ccm) geschüttelt, darf es diese Säure nur hellgelb färben, ohne selbst dabei dunkler zu werden, auch darf sich die Temperatur der Mischung nicht um mehr als 2° C erhöhen.

Das spez. Gewicht darf bei 15° C bei russischem Erdöl höchstens 0 830, bei österreichischem höchstens 0,812, bei amerikanischem höchstens 0,800 betragen.

Der Entflammungspunkt darf bei Prüfung mit dem Abelschen Apparat bei russischem Erdöl nicht unter 26° C, bei österreichischem und amerikanischem nicht unter 23° C liegen.

Beim Destillieren darf es nur wenige Prozente von über 300° C siedenden und keine benzinartigen, unter 90° C siedenden Bestandteile ergeben.

Die Preise sind für 100 kg netto frei Eßlingen und frei Heilbronn zu stellen, und zwar für Lieferung in Kesselwagen.

Muster von 2 kg einzusenden.

Gasöl (Paraffinöl) soll bei normaler Rotglut der Retorten leicht vergasen mit einer Ausbeute, welche aus 100 kg mindestens 56 cbm Gas und 40—45 % Teer ergibt.

Die Lichtmenge muß bei einem stündlichen Gasverbrauch von 35 Liter mindestens 11 Normalkerzen betragen. Das Gasöl muß vollständig wasserfrei sein und darf bei der Prüfung auf den Kreosotgehalt höchstens 2 % ergeben. Das spezifische Gewicht desselben soll bei einer Temperatur von

15° C zwischen 0,86—0,89 liegen; die Farbe soll eine Abstufung von gelbbraun bis zur grünlichblauen Fluoreszenz haben, und der Geruch nur schwach, nicht belästigend sein. Den Angeboten ist ein Muster von mindestens 1 kg beizugeben.

Die Preise sind für 100 kg frei Cannstadt für Lieferung in Kesselwagen und in Fässern zu stellen.

Raffiniertes Rüböl (Lampen- und Schmieröl), muß raffiniertes, bestgeläutertes Repsöl, vollkommen klar lichtgelb, glanzhell und frei von Mineralsäuren sowie von Wasser, Schleim und sonstigen Verunreinigungen sein. Alle zum Reinigen oder bei der Extraktion verwendeten Substanzen müssen möglichst vollständig entfernt sein. Beimischungen anderer pflanzlicher, tierischer oder mineralischer Öle, sowie von festen Fetten, Harz, Harzöl oder Terpentinöl sind nicht gestattet. Das Öl muß gut abgelagert sein und darf keinen Bodensatz bilden.

Mit $^1/_5$ seines Volumens Schwefelsäure von 1,53 spezifischem Gewicht muß das Öl eine ungefärbte Emulsion geben, und beim Schütteln des Öls mit Alkohol muß letzterer farblos bleiben.

Mit $^1/_5$ seines Volumens Schwefelsäure von 1,53 spez. Gewicht muß es eine weiße, höchstens schwach gelbliche Emulsion geben, und mit Ätzkali und Ätznatron muß es sich vollständig verseifen lassen, ohne Hinterlassung unverseifbarer Bestandteile; die erhaltene Seife soll weiß, höchstens mit einem Stiche ins Gelbliche sein. Bei 0° C dürfen sich auch nach längerer Zeit keine festen Bestandteile ausscheiden.

Das spezifische Gewicht des Öls soll nicht über 0,913 bei + 15° C oder 0,910 bei + 20° C (d. i. nicht unter 39° der Fischerschen Ölwage) betragen.

Ein Tropfen des Öls auf eine blanke Messingplatte gebracht, darf beim Verdunsten keine Verharzung und bei gewöhnlicher Temperatur innerhalb 24 Stunden noch keinen Grünschein zeigen. Das Öl darf höchstens 6 Säuregrade haben, d. i. in 100 ccm nicht mehr freie Säure enthalten, als durch 6 ccm Normalkalilösung neutralisiert wird (entsprechend 0,32% freien Schwefelsäurehydrats oder 1,87% Ölsäure).

Bei 20° C muß dasselbe mindestens 12 mal dickflüssiger als Wasser sein.

Das Öl muß mit heller, weißer Flamme brennen, ohne Geruch zu verbreiten und zu rußen.

Als Schmieröl verwendet darf dasselbe die geschmierten Teile nicht angreifen, nicht dick werden und nicht harzen.

Preis für 100 kg mit und ohne Faß je besonders zu stellen.

V. Badische Staatseisenbahnen.

Besondere Bedingungen für die Lieferung von Schmier-, Beleuchtungs- und einigen anderen Materialien.

(Ausgabe 1904.)

§ 1. **Beschreibung. Lampenöl** muß aus raffiniertem, bestgeläutertem Repsöl bestehen, vollkommen klar, lichtgelb, glanzhell und frei von Wasser und Schleim und sonstigen Verunreinigungen sein. Alle zum Reinigen oder bei der Extraktion verwendeten Substanzen (Mineralsäuren, Chlorzink, Alkalien, Schwefelkohlenstoff, Benzin u. dgl.) müssen vollständig entfernt sein. Beimischungen anderer pflanzlicher, tierischer (z. B. Tran) oder mineralischer Öle (z. B. Petroleum, Solaröl u. dgl.), sowie von festen Fetten (Talg), Harz, Harzöl oder Terpentinöl sind nicht gestattet.

Mit $^1/_5$ seines Volumens Schwefelsäure von 1,53 spezifischem Gewicht muß das Öl eine ungefärbte Emulsion geben, und beim Schütteln des Öles mit Alkohol muß letzterer farblos bleiben.

Mit $^1/_5$ seines Volumens Natronlauge von 1,34 spezifisches Gewicht innig vermischt muß es eine weiße, höchstens schwach gelbliche Emulsion geben, und mit Ätzkali oder Ätznatron muß sich vollständig verseifen lassen, ohne Hinterlassung unverseifbarer Bestandteile; die erhaltene Seife soll weiß sein und darf höchstens einen Stich ins Gelbliche zeigen.

Bei 0° C dürfen sich auch nach längerer Zeit keine festen Bestandteile ausscheiden.

Das spezifische Gewicht des Öles soll nicht über 0,913 bei + 15° C oder 0,910 bei + 20° C (d. i. nicht unter 39° der Fischerschen Ölwage) betragen.

Ein Tropfen des Öles auf eine blanke Messingplatte gebracht, darf beim Verdunsten keine Verharzung und bei gewöhnlicher Temperatur innerhalb 24 Stunden noch keinen Grünschein zeigen. Das Öl darf höchstens 6 Säuregrade haben, d. i. in 100 ccm nicht mehr freie Säure enthalten, als durch 6 ccm Normalkalilösung neutralisiert wird (entsprechend 1,87% Ölsäure oder 0,32% Schwefelsäurehydrat).

Reps-Maschinenöl. Als solches wird nur raffiniertes Repsöl angenommen, das allen Bedingungen entspricht, welche vorstehend für Lampenöl gestellt sind, und außerdem noch folgende Eigenschaften besitzt:

Die Viskosität (der Flüssigkeitsgrad) des Öls muß, bei + 20° C gemessen, mindestens 12 mal so groß sein, als diejenige destillierten Wassers von 20° C (zu bestimmen auf

einem durch die Großh. Badische chemisch-technische Prüfungs- und Versuchsanstalt geeichten Englerschen Viskosimeter.

Leinöl muß gut gereinigt, von gelber bis braungelber glanzheller Farbe, vollständig geklärt und abgelagert sein. Beim Aufbewahren darf es sich nicht trüben und keinen Bodensatz bilden. Es muß frei von Harz und fremden Ölarten, insbesondere von Harzöl, tierischen Ölen und Fetten (Tran u. dgl.) sein; ferner frei von nichttrocknenden Ölen; Reinigungsstoffe müssen vollständig entfernt sein.

Beim Abkühlen auf —15° C darf es noch nicht fest werden. Das spezifische Gewicht soll zwischen 28 und 29 der Fischerschen Ölwage liegen.

Ein aus einem Gewichtsteil Kienruß und drei Gewichtsteilen gekochten Leinöls pinselfertig hergestellter Firnis muß, auf eine steilgestellte Glasplatte aufgetragen, nach 2 Tagen an der höchst gelegenen Stelle des Striches zu einer festen hornartigen Haut eingetrocknet sein. Das Trocknen geschieht in einem Raume von nicht unter 17° und nicht über 22° C Wärme.

Erdöl muß vollkommen rein und klar, von weißer oder schwach gelblicher Farbe mit blauem Schimmer und unverfälscht sein. Der Geruch darf nur schwach und nicht unangenehm sein.

Dasselbe muß ganz säurefrei sein.

Mit Schwefelsäure von 1,53 spezifischem Gewicht zu gleichen Raumteilen (50 zu 50 ccm) geschüttelt, darf es diese Säure nur hellgelb färben, ohne selbst dabei dunkler zu werden; auch darf sich die Temperatur der Mischung nicht um mehr als 2° C erhöhen.

Das spezifische Gewicht darf bei 15° C höchstens 0,830 betragen.

Der Entflammungspunkt darf bei Prüfung mit dem Abelschen Apparat nicht unter 26° C liegen. Beim Destillieren darf es nur wenige Prozente über 300° C siedende und keine benzinartigen, unter 90° C siedende Bestandteile ergeben.

Mineralschmieröl. (aa. Für kaltlaufende Wagen- und Maschinenteile.) Das zu liefernde Mineralschmieröl muß ein aus Erdöl gewonnenes Produkt sein und darf weder Mineralöle anderer Herkunft (wie Steinkohlenteer-, Braunkohlenteer- und Schieferöle), noch sonstige pflanzliche oder tierische Öle (Harzöle und fette Öle), noch auch feste Fette, wie Talg, Ceresin (Erdwachs) u. dgl. enthalten.

Das Öl soll nicht zu dunkel gefärbt und wenigstens in dünneren Schichten noch durchsichtig sein; es darf keinerlei

feste Stoffe suspendiert enthalten und bei längerem Lagern keinen Bodensatz bilden; es muß gänzlich frei sein von Schleim, Teer, Harzen, und sich in Petroleumbenzin von 0,70 spezifischem Gewicht ohne Rückstand lösen lassen.

Die Gegenwart von Brandharzen und verwandten Stoffen darf sich durch Braunfärben beim Schütteln mit dem gleichen Volumen Schwefelsäure vom spezifischen Gewicht 1,53 nicht bemerklich machen. Desgleichen müssen alle von der Reinigung herrührenden Stoffe, wie Alkalien, Salze und Wasser, vor allem aber die Schwefelsäure bis auf geringe Spuren entfernt sein.

Der gesamte Säuregehalt darf über 0,5 Säuregrade (entsprechend 0,027 % Schwefelsäurehydrat) nicht hinausgehen.

Das spezifische Gewicht soll bei 20° C nicht unter 0,900 und nicht über 0,925 liegen.

Bei der Destillationsprobe sollen höchstens 6 Volum % unter 300° C (Temperatur des Öldampfes) destillieren und der undestillierbare Rückstand darf nicht über 7 Volum % betragen.

Beim Erhitzen im offenen Tiegel darf der Entflammungspunkt (Bildung entflammbarer Dämpfe) nicht unter 150° C und der Entzündungspunkt (Fortbrennen des Öles) nicht unter 190° liegen (Temperatur des Öles selbst).

Ein Schäumen des Öles darf bei keinem Erhitzungsgrad stattfinden. Bei 24stündigem Erwärmen in dünner Schicht an freier Luft auf 100° C darf es weder Säuerung noch Verharzung zeigen.

Die Viskosität (der Flüssigkeitsgrad) des Öles muß bei 20° C mindestens 25- und höchstens 60-, bei 50° C mindestens 6- und höchstens 10mal so groß sein, als diejenige destillierten Wassers von 20° C (zu bestimmen auf einem durch die Großh. Badische chemisch-technische Prüfungs- und Versuchsanstalt geeichten Englerschen Viskosimeter).

Dabei ist zu beachten, daß die Viskosität des für den Sommer zu liefernden Öles den oberen Grenzen und diejenige des für den Winter zu liefernden Öles den unteren Grenzen sich nähern muß.

Das Sommeröl muß bei —5° C, das Winteröl bei —12° C noch fließend sein, d. h. es muß bei diesen Temperaturen aus einer 5 mm weiten Öffnung bei 30 mm Druckhöhe noch tropfbar flüssig auslaufen.

Mit dem Angebot auf Mineralschmieröl ist ein Muster von beiläufig 2 kg einzusenden und ist anzugeben, an welche Eisenbahnverwaltungen und in welchen Mengen das Öl geliefert wird, und ob dasselbe ungemischt oder mit Repsöl,

und in welchem Verhältnis gemischt und zu welchen Zwecken verwendet wird.

bb. (Für heißlaufende Lokomotiventeile [Dampf-Zylinderöl.]) Dieses Öl muß im allgemeinen den unter „aa Mineralschmieröl für kaltlaufende Teile" in den Absätzen 1 bis 3 (siehe oben) gestellten Anforderungen entsprechen. Ebenso darf beim Erhitzen kein Schäumen stattfinden und bei 24stündigem Erwärmen auf dem Messingblech bei 100° C weder Säuerung, noch Verharzung eintreten.

Das spezifische Gewicht soll bei 20° C zwischen 0,89 und 0,94 liegen.

Speziell müssen hinsichtlich der Reinheit, Wärmebeständigkeit und Viskosität noch die folgenden Bedingungen erfüllt sein:

Das Öl darf keine Asphalt- und Pechstoffe enthalten; es muß also beim Ablaufenlassen an einer reinen Glaswandung in dünner Schicht vollkommen durchsichtig erscheinen und darf hierbei keine festen Teilchen erkennen lassen; außerdem muß es, wie aa, in Benzin von 0,7 spezifischem Gewicht vollständig löslich sein.

Der Säuregehalt darf über 0,3 Säuregrade (entsprechend 0,016 % Schwefelsäurehydrat) nicht hinausgehen.

Der Entflammungspunkt, im offenen Tiegel bestimmt, soll nicht unter 270° C liegen.

Die Viskosität (der Flüssigkeitsgrad), im geeichten Englerschen Viskosimeter bestimmt und auf Wasser von 20° C als 1 bezogen, soll bei 50° C nicht unter 30 und bei 100° C nicht unter 3 betragen.

Bei + 15° C soll das Öl noch aus einem gewöhnlichen Reagierzylinder ausfließen.

Gasöl ist zur Herstellung von Ölgas bestimmt. Mit dem Angebot ist ein Muster von beiläufig 2 kg einzusenden mit der Bestimmung einer Versuchsanstalt über dessen Vergasungswert.

Putzöl muß von hellgelber Farbe, durchscheinend, frei von Steinkohlenteeröl, Harz, Fett, Fettöl, Säure und Wasser sein, darf Farben und Lacke nicht angreifen, keine Flecken auf Stoffen hinterlassen, keinen üblen Geruch besitzen und die Augen nicht belästigen.

Bei Abkühlung auf 2° C muß dasselbe noch flüssig und klar bleiben.

Das Öl muß rückstandslos destillierbar sein und darf dabei keine unter 130° und keine über 300° C siedenden Bestandteile enthalten; der Gehalt an den unter 250° C siedenden Anteilen muß aber mindestens 50 Volum % betragen.

Talg. Es wird reiner Rindertalg verlangt.

Der Schmelzpunkt desselben darf nicht unter 42° C und der Erstarrungspunkt nicht unter 37° C liegen.

Der Erstarrungspunkt der aus dem Talge ausgeschmolzenen Fettsäure, der sogenannte Talgtiter, darf nicht unter 43,5° C liegen.

Der Talg muß bei gewöhnlicher Temperatur fest, von heller, möglichst weißer Farbe, nahezu geschmack- und geruchlos sein, darf beim Flüssigmachen durch Erwärmen weder Schaum bilden, noch üblen Geruch verbreiten, noch einen Bodensatz hinterlassen, und muß sich in siedendem Alkohol bzw. in Äther vollständig lösen.

Der Talg darf mit anderen Fetten (Knochenfett usw.) und Mineraltalg nicht gemischt sein, ebensowenig darf er fremdartige Bestandteile, wie Stärke, Kartoffelmehl, Porzellanerde, Schwerspat, Kreide usw. enthalten; zufällige Verunreinigungen dürfen 1% nicht erreichen.

Der Gehalt an Säure darf höchstens 6 Säuregrade betragen (auf 100 g bezogen), sonst wie bei a. Lampenöl.

Schweinefett muß rein und unverfälscht, keine Säuren enthaltend, in Gebinden von höchstens 50 kg geliefert werden.

Gefäße für die Lieferung der Öle. Lampenöl, Reps-Maschinenöl, Leinöl und Mineralschmieröl ist in Fässern, feines Terpentinöl in Ballons oder Fässern zu liefern.

Für Erdöl, Gasöl und Putzöl wird Lieferung in Zisternen vorgezogen, jedoch Lieferung in Fässern nicht ausgeschlossen. Wird Lieferung in Fässern beabsichtigt, so ist dies im Angebot zu bemerken.

Die zur Lieferung benützten Fässer dürfen nicht mehr als 180 kg Öl enthalten.

Die leeren Fässer und Ballons werden dem Unternehmer in Karlsruhe nach seiner Wahl entweder frei Magazinslagerplatz oder frei Eisenbahnwagen zur Verfügung gestellt, im letzteren Falle geschieht die Rücksendung auf Kosten und Gefahr des Empfängers.

VI. Österreichische Staatsbahnen.

Besondere Bedingnisse für die Lieferung von Mineralschmieröl für Maschinen und Wagen.

Das zum Schmieren der Lokomotiv-, Tender- und Wagenachsen und der mit Dampf nicht in Berührung kommenden Lokomotiv-Bestandteile erforderliche Mineralschmieröl muß vollkommen rein und wasserfrei sein, der Säuregehalt darf, auf Schwefelsäureanhydrid bezogen, im

Maximum 0,5 % betragen; es muß von entsprechender Konsistenz und abgelagert sein, und darf keine trocknenden Eigenschaften haben, d. h. es soll, in dünnen Lagen dem Einflusse der Luft ausgesetzt, weder klebrig werden, noch durch Verharzung zu einer firnisartigen Schicht eintrocknen.

Das Mineralöl wird bei gleich guter Schmierfähigkeit für die Sommer- und Wintermonate von verschiedener Konsistenz zu liefern sein. Das Sommerschmieröl ist in den Monaten Mai bis inklusive September, hingegen das Winterschmieröl in den übrigen Monaten zu liefern und muß das zur Ablieferung kommende Winterschmieröl bei — 10° C noch flüssig sein. Bei Anwendung des Englerschen Viskosimeters muß daß Öl allen Anforderungen auf Viskosität entsprechen, wonach bei + 20° C der Viskositätsgrad ca. 20 bis 35, bei + 50° C ca. 5 betragen soll. Die Beimengung von vegetabilischem Öl zum Mineralöl ist gestattet, jedoch speziell anzugeben.

Das spezifische Gewicht des Mineralöls darf bei + 15° C nicht unter 0,900 und nicht über 0,935 sein. Das Mineralöl darf ferner keine unlöslichen Bestandteile enthalten und der Entflammungspunkt darf bei Maschinenöl nicht unter 180° C, bei Wagenöl nicht unter 130° C liegen.

Die Materialuntersuchungen werden nach den „Vorschriften für die einheitliche Prüfung von Mineralschmierölen“ durchgeführt.

Mit der Offerte sind Muster, bestehend aus drei Flaschen à 1 Liter der offerierten Öle, versiegelt und mit der Firma bezeichnet, einzusenden. Der Ersteher der Lieferung hat genau nach den vorgelegten Mustern zu liefern.

Lieferung von Vaselin und Zylinderöl für Lokomotiven.

Das zum Schmieren der Dampfzylinder, Schieber und aller mit Dampf in Berührung kommenden Bestandteile (Stopfbüchsen, Regulatorschieber) der Lokomotiven erforderliche Vaselin und Zylinderöl muß folgende Eigenschaften haben:

Dasselbe muß sich vollkommen fett und schlüpfrig anfühlen, kann bei gewöhnlicher Temperatur konsistent oder flüssig sein, bei einer Temperatur von über + 40° C muß dasselbe jedoch unter allen Umständen in den flüssigen Zustand übergehen; bei Anwendungen des Englerschen Viskosimeters muß allen Anforderungen auf Viskosität entsprochen werden, wonach für Zylinderöl der Viskositätsgrad bei + 50° C ca. 10, bei + 80° C ca. 4, für Vaselin bei + 50° C ca. 18, und bei + 80° C ca. 5 betragen soll.

Bei einer Temperatur von + 250° C dürfen diese Materialien noch keine brennbaren Dämpfe entwickeln.

Die Materialien müssen ferner möglichst säurefrei sein, und darf der Säuregehalt, auf Schwefelsäureanhydrid bezogen, höchstens 0,12 % betragen. Sie sollen ferner harz- und wasserfrei sein, und dürfen an der Luft sich nicht verändern, sie dürfen keine unlöslichen Bestandteile enthalten und sollen in dünnen Schichten ausgegossen eine homogene Masse zeigen.

Die Materialuntersuchungen werden nach den Vorschriften für die einheitliche Prüfung von Mineralschmierölen durchgeführt.

Mit der Offerte sind Muster, bestehend aus drei Flaschen à 1 Liter des offerierten Materials, wohl versiegelt und mit der Firma bezeichnet, einzusenden. Der Ersteher der Lieferung hat genau nach den vorgelegten Mustern zu liefern.

Lieferung von entsäuertem Rübschmieröl und Rübbrennöl.

Das zu liefernde Rübschmieröl, welches hauptsächlich zum Schmieren der mit Dampf in Berührung kommenden Bestandteile der Lokomotiven und Stabilmaschinen verwendet wird, muß sich für diese Zwecke vollkommen eignen.

Dasselbe muß daher gut raffiniert, möglichst entsäuert, sehr gut abgelagert, klar durchsichtig sein und eine ausgezeichnete Schmierfähigkeit besitzen, überhaupt bei Anwendung des Englerschen Viskosimeters allen Anforderungen auf Viskosität entsprechen, wonach bei + 20° C der Viskositätsgrad ca. 14 betragen soll. Schleimige Beimengungen, harzige Bestandteile sowie fremde Öle oder andere Substanzen darf dasselbe nicht enthalten. Der Entflammungspunkt darf nicht unter 250° C liegen. Die Bestimmung des Entflammungspunktes des Öles erfolgt bei Anwendung eines ca. 140 cm^3 fassenden Tiegels von 60 mm oberem Durchmesser und 60 mm Höhe, wobei der Tiegel bis 1 cm vom Rande gefüllt wird.

Das spezifische Gewicht soll sich in den Grenzen von 0,880 bis 0,940 befinden.

Die Rübschmieröle werden nach dem maßanalytischen Verfahren durch Titration mittels Normalkali auf den Säuregehalt geprüft, und solche Öle, welche nach dieser Probe mehr als 3,5 Säuregrade enthalten, von der Übernahme ausgeschlossen.

Das zu liefernde Rübbrennöl muß aus gebautem Samen erzeugt, doppelt raffiniert, vollkommen rein, klar und durchsichtig, entsprechend säurefrei und überhaupt zum

Zwecke einer schönen Beleuchtung vollkommen geeignet sein. Dasselbe darf daher keine Schleimteile, Wasser oder andere Öle und Substanzen enthalten und soll keinen Bodensatz bilden.

Beim Verbrennen desselben dürfen sich am Dochte keine abnormalen, den Verbrennungsprozeß hindernden, verkohlten Krusten zeigen, und müssen die damit gefüllten gewöhnlichen, mit einem Pumpwerk nicht versehenen, bloß auf das Saugen des Dochtes beschränkten Lampen mit $6^1/_2$ mm breitem Flachdochte durch mindestens 8 Stunden ohne Nachhilfe und ohne Beeinträchtigung der anfänglichen Brennkraft mit heller Flamme ununterbrochen brennen, ohne zu russen, zu knistern oder zu spritzen.

Mit der Offerte sind Muster, bestehend aus drei Flaschen à 1 Liter jedes offerierten Öls, wohl versiegelt und mit der Firma bezeichnet, einzusenden. Der Ersteher der Lieferung hat genau nach den vorgelegten Mustern zu liefern.

Lieferung von fester Wagenschmiere (Starrschmiere).

Als feste Wagenschmiere wird ausschließlich eine mit Natronlauge rein verseifte Fettschmiere verwendet.

Die feste Wagenschmiere darf keine gewichtsvermehrenden fremden Bestandteile enthalten, auch darf der Wassergehalt derselben nicht auf Kosten der Schmierfähigkeit vermehrt werden. — An Fetten muß dieselbe mindestens 60—70 % enthalten und gut abgelagert geliefert werden. — Dem äußeren Ansehen nach muß die Schmiere einen reinen, homogenen Ausstich zeigen, der weder porös noch transparent sein darf. — Zur Herstellung der für den Winter zu verwendenden, minder konsistenten Schmiere ist nur allein ein Zusatz von Palmöl oder Palmbutter gestattet.

Mit der Offerte sind Muster, bestehend aus drei Dosen mit je 0,5 kg Starrschmiere, wohl versiegelt und mit der Firma bezeichnet, einzusenden. Der Ersteher der Lieferung hat genau nach dem vorgelegten Muster zu liefern und sind die Bestandteile in der Offerte bekanntzugeben.

Lieferung von Hartfett.

Als Hartfett für die Spurkranzschmierung oder zum Schmieren heißgehender Lager ist eine Mischung aus Fetten und Wachs oder Ceresin zu liefern, welche bei verhältnismäßig hoher Temperatur schmilzt.

Das Schmelzen darf eintreten

beim Hartfett	Nr. 0	bei 50° C
„ „	„ 1	„ 55° „
„ „	„ 2	„ 60° „
„ „	„ 3	„ 65° „

Das Hartfett darf keine harzigen Bestandteile enthalten und beim Verbrennen keine Rückstände hinterlassen. Dasselbe ist in Tafeln oder Stangen von bestimmten Dimensionen, für welche jeweilig Muster oder Modelle beigestellt werden oder in Blöcken von 0,5 kg Gewicht zu liefern.

Mit der Offerte sind Muster, bestehend aus je zwei Stück Tafeln bzw. Stangen respektive zwei Dosen mit je 0,5 kg Hartfett, wohl versiegelt und mit der Firma bezeichnet, einzusenden. Der Ersteher der Lieferung hat genau nach den vorgelegten Mustern zu liefern und sind die Bestandteile in der Offerte bekanntzugeben.

VII. Große Berliner Straßenbahn.

Besondere Bestimmungen für Öle.

Die Ausschreibung umfaßt: 1. Wagenöl, Sommer- und Winterware, 2. Motorenöl, 3. Kompressorenöl, 4. Achslagerfett, 5. Zahnradfett, 6. Zylinderöl I.

Die Preise sind netto — einschließlich Faß — frei Materialien-Magazin, Badstr. 41 a, anzugeben.

Die Bewerber sind 4 Wochen vom Tage der Abgabe der Offerten an ihre Preise gebunden.

Der Offerte sind Ölproben von je einem Liter in farblosen versiegelten Flaschen, welche neben der genauen Bezeichnung des Materials und der Marke den Namen des Lieferanten tragen, beizugeben. Von dem Achslagerfett ist ebenfalls entsprechende Probe mit den vorgesehenen Bezeichnungen zu liefern. Eine Rücksendung bzw. Bezahlung der Muster findet nicht statt. Für jedes der angebotenen Öle bzw. Fette ist ein Attest über die durch das Königliche Material-Prüfungsamt zu Groß-Lichterfelde ausgeführte Untersuchung den Offerten beizufügen, welche sich auf die nachstehend angeführten Eigenschaften der angebotenen Waren erstrecken muß.

Bezüglich der Qualitäten der Öle wird bedingt, daß nur reine Mineralöle, welche gut gereinigt und entschleimt

sein müssen und welche weder alkalisch noch sauer reagieren dürfen, angeboten werden sollen. Bei starkem Erhitzen dürfen die Öle weder spritzen noch schäumen, noch Verunreinigungen und fremdartige Beimischungen als: freier Kohlenstoff, Harze und Harzöl, Teere und Teeröle enthalten. Die Schmieröle usw. dürfen zu keiner Jahreszeit zu dünn- oder zu dickflüssig werden, und bei längerer Lagerung keinen Bodensatz bilden.

Die im Winter zu benützenden Schmieröle müssen bei 15° C, die Sommeröle bei 5° C vollkommen flüssig bleiben. Das anzubietende Fett darf keinerlei beschwerende Beimengen enthalten.

Die nachstehende Tabelle gibt ferner die verlangten besonderen Eigenschaften der Öle usw. an:

Ölsorte usw.	Höchstes zulässiges spez. Gewicht	Flammpunkt im offenen Tiegel mindestens °C	Brennpunkt im offenen Tiegel mindestens °C	Zähflüssigkeit mit dem Englerschen Viskosimeter bestimmt, auf Wasser von 20° C=1 bezogen		Schmelzpunkt	Seifengehalt	Wassergehalt
				bei 50° C	bei 180° C			
1. Wagenöl	0,900—0,925	150,0	180,0	mindest. 6,5—7,5	—	—	—	—
2. Motorenöl	0,905—0,915	225,0	260,0	5—6	—	—	—	—
3. Kompressorenöl	0,890—0,895	—	—	bei 100° 3—3,10	—	—	—	—
4. Achslagerfett	—	—	—	—	—	85°	18—20°	nicht über 4 %
5. Zahnradfett	—	—	—	—	—	60—65°	nicht unter 15 %	—
6. Zylinderöl I	0,900—905	300	380	—	1,5—1,7	—	—	—

VIII. Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée.

Cahier des charges pour la fourniture des Huiles brutes, soutirées à clair, pour graissage et des huiles épurées, pour éclairage.

Art. 1. Le présent cahier des charges a pour objet la fourniture des huiles brutes, soutirées à clair, pour graissage, et des huiles épurées, pour éclairage.

Art. 2. Les huiles proviendront exclusivement de graines de colza français et de graines d'Europe équivalentes au point de vue de la qualité, ou bien de graines jaunes ou bigarrées de colza de Guzerath ou de graines brunes dites de Compoore et de Ferozepore (Inde); elles seront exemptes de tout mélange avec d'autres huiles ou produits quelconques d'une autre origine.

Les graines employées à la fabrication seront de la dernière récolte; elles seront exemptes de toute avarie, sèches, parfaitement nettoyées, sans aucun mélange avec d'autres graines.

S'il s'agit de graines d'Europe, elles pèseront, après nettoyage, au moins (65) soixante-cinq kilogrammes par hectolitre, la mesure étant remplie avec soin et affleurée sans choc et sans tassement.

Certaines graines de colza de l'Inde de provenances autres que celles indiquées ci-dessus pourront, sur la demande du fournisseur, être employées à la fabrication, si elles produisent des huiles équivalentes, au point de vue de la qualité et des propriétés physiques et chimiques, mais l'Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction restera toujours le seul juge de leur acceptation ou de leur refus.

En aucun cas, les graines d'Europe ne devront être mélangées avec des graines de l'Inde, avant ou pendant la fabrication. Les graines jaunes ou bigarrées de Guzerath devront être aussi traitées séparément et sans aucun mélange avecles autres graines de l'Inde dites de Compoore et de Ferozepore. De même les huiles provenant des unes ou des autres de ces graines seront recueillies à part et ne devront jamais être mélangées; elles seront toujours livrées séparément avec leur désignation exacte.

Le fournisseur sera tenu de justifier de la provenance des graines toutes les fois que la Compagnie P. L. M. le lui demandera.

Art. 3. Les huiles doivent être bien fluides et très limpides. Elles ne doivent former aucun dépôt dans les

vases qui les contiennent, quelque soit le temps pendant le quel elles y sont conservées.

La densité des huiles est mesurée à la température de 15° Cels., à l'aide de l'aréomètre thermique de Pinchon.

Pour les huiles provenant de graines d'Europe, cette densité doit être comprise:

entre 0,9136 et 0,9142 pour les huiles brutes soutirées à clair;

entre 0,9134 et 0,9141 pour les huiles épurées.

Pour les huiles provenant de graines de l'Inde, elle doit toujours être inférieure à 0,9136 lorsqu'il s'agit de colza jaune ou bigarré, et à 0,9142 lorsqu'il s'agit de colza brun.

Cette densité ne doit présenter aucune variation, quelle que soit la profondeur à laquelle l'echantillon est pris, et quelque soit le temps pendant le quel l'huile est restée en repos dans le vase qui la contient.

Les huiles ne doivent pas être siccatives, leur acidité naturelle doit être comprise dans les limites déterminées par les conditions ci-après. Il est formellement interdit au fournisseur de faire intervenir dans une phase quelconque de la fabrication un réactif chimique quelqu'il soit en vue de modifier cette acidité naturelle.

Exposées à l'air en couche mince sur une plaque de cuivre bien décapée, les huiles brutes doivent se maintenir bien fluides pendant 10 jours au moins, et n'accuser ni épaississement ni coloration verte au bout de ces dix jours; pour les huiles épurées, le même essai fait sur une plaque de verre doit donner les mêmes résultats au point de vu de la siccativité.

Si l'on introduit dans une éprouvette graduée 10 ccm d'huile et 10 ccm d'alcool à 90° Cels. coloré en jaune à l'aide de la teinture de curcuma, ou contenant une petite quantité de phtaléïne de phénol, et que l'on ajoute goutte à goutte au mélange, en agitant vivement chaque fois pendant quelques minutes, une dissolution alcaline préparée avec de l'alcool à 90° et de l'eau distillée en égale proportion et contenant 1,15 gr. de soude caustique hydratée pure ou 1,61 gr. de potasse caustique hydratée pure pour cent centimètres cubes, le tout doit prendre une couleur rouge persistante après agitation, avant que l'on ait employé un centimètre cube de la dissolution, s'il s'agit d'huile brute soutirée à clair, ou trois centimètres cubes s'il s'agit d'huile épurée.

Chauffée progressivement dans un appareil système Luchaire, l'huile doit atteindre 240° avant de dégager des vapeurs produisant l'explosion characteristique du point d'inflammabilité.

Lorsqu'on mélange 10 ccm d'acide sulfurique à (66) soixante-six degrés Beaumé avec 50 grammes d'huile brute ou épurée, l'élévation de température du mélange agité vivement dans un verre à expériences à l'aide d'un thermomètre, doit être comprise entre 50° et 53° Cels.

Si l'on étend sur une plaque de porcelaine chauffée à 90° Cels. quelques gouttes d'huile brute ou épurée sur un espace circulaire de 25 mm de diamètre environ, et qu'on laisse tomber au centre une goutte d'acide sulfurique à 66° Beaumé, cette goutte doit donner lieu à une tache brune très foncée, nettement circonscrite, sans aucune irradiation sur son pourtour.

Si dans un flacon d'un demi-litre contenant déjà 150 ccm d'eau et 1 ccm d'acide sulfurique à 66° Beaumé, on introduit 2 ccm d'huile brute ou épurée, puis que l'on y ajoute 8 ccm d'une dissolution de permanganate de potasse récemment préparée, contenant 1 gramme de réactif par litre, et que l'on agite vivement le mélange pendant 2 minutes, la coloration du permanganate doit persister après agitation, sans changement notable, au bout d'une heure de repos s'il s'agit d'huile provenant de graines d'Europe, au bout d'une demi-heure seulement s'il s'agit d'huile provenant de graines de l'Inde.

Une lampe, type Locatelli, remplie d'huile épurée, doit brûler pendant (16) seize heures consécutives sans que la mèche, réglée à 4 mm de hauteur, devienne charbonneuse ou resineuse, et doit avoir consommé, pendant ces 16 heures, de 64—67 grammes d'huile.

Une lampe de voiture, système Faucon, remplie d'huile épurée, doit brûler pendant 11 heures consécutives sans que la mèche devienne charbonneuse ou résineuse et sans que la flamme ait baissé de plus du quart de sa hauteur initiale.

Art. 4. Les huiles brutes ou épurées sont préparées dans des usines ou parties d'usines appartenant au fournisseur, ne fabriquant ou n'épurant aucune huile autre que celles qui sont destinées à la Compagnie P. L. M. quand celles-ci sont en fabrication ou en épuration.

Les huiles brutes sont obtenues par le mélange des huiles fabriquées par première pression (froissage) et seconde pression (rebat); le chauffage de la graine doit être modéré, de manière à ne jamais dépasser 80° de façon à ne pouvoir nuire à la qualité de l'huile.

Les huiles brutes sont laissées en repos pendant un temps suffisant pour les clarifier complètement; elles sont ensuite soutirées à clair et versées dans un ou plusieurs récipients spéciaux installés de manière à être à l'abri des

incendies. (Cette décantation peut être remplacée par un filtrage.) Ce ou ces récipients doivent avoir une capacité telle qu'ils puissent contenir au moins une quantité d'huile égale à la plus grande des livraisons mensuelles prévues par la soumission ou la commande, sans que, dans aucun cas, il puisse être exigé une capacité totale supérieure à 50000 kg; ils doivent être affectés exclusivement aux huiles destinées à la Compagnie P. L. M. et maintenus constamment pleins. Ces récipients doivent être disposés de manière à être isolés complètement de tous les autres réservoirs à huile de l'usine; les conduites de remplissage et de vidange doivent également être isolées des autres conduites de l'usine, de manière que l'ou puisse constater, sans difficulté, d'où viennent et où vont les huiles qui arrivent dans les récipients spéciaux ou qui en sortent.

Les huiles destinées à l'épuration sont fabriquées et clarifiées connueil vient d'être dit; elles sont complètement pures et exemptes de résidus provenant de fonds de cuves, fèces, eaux acides, déchets quelconques de fabrication.

L'épuration doit être complète et effectuée par les meilleurs procédés en usage; elle doit donner lieu à un déchet total de 5 % au moins.

Les huiles épurées subissent au moins deux filtrations successives; elles sont ensuite versées dans un ou plusieurs réservoirs spéciaux d'approvisionnement contenant au moins une quantité d'huile égale à la plus importante des livraisons mensuelles prévues par la soumission ou la commande, sans que, dans aucun cas, il puisse être exigé pour ces réservoirs une capacité totale supérieure à 50000 kg, connueil est dit plus haut. Ce ou ces réservoirs, maintenus constamment pleins, doivent être affectés exclusivement aux huiles destinées à la Compagnie P. L. M. et remplir toutes les conditions indiquées ci-dessus pour la disposition des réservoirs spéciaux aux huiles brutes.

Tous les appareils et cuves destinés au dépotage, à l'épuration, à la filtration doivent pendant tout le temps que l'usine traite des huiles destinées à la Compagnie P. L. M., être complétement indépendants des autres appareils de l'usine. La tuyauterie doit être visible, et le jeu des robinets, simple, de manière qu'il soit toujours facile de suivre le mouvement des huiles dépotées ou transvasées.

Lorsque les récipients sus-indiqués ne contiennent pas les quantités minima fixées, les agents de la Compagnie constatent les quantités manquanter et mettent le fournisseur en demeure de compléter son approvisionnement. Si huit jours après cette mise en demeure, faite par lettre recommandée,

le fournisseur n'y a par obtempéré, les quantités manquantes sont considérées comme des fournitures en retard, à partir de la date de l'envoi de la lettre recommandée et donnent lieu à des retenues sur les payements calculées comme il est dit à l'article 9.

Art. 5. La Compagnie se réserve le droit de faire surveiller la fabrication des huiles par un ou plusieurs agents de son choix; le fournisseur est tenu de prévenir l'Ingénieur de la Compagnie, chargé du Contrôle des Travaux extérieurs, du jour où commencent les arrivages de graines, la trituration, l'épuration et l'enfûtage des huiles.

Les agents de la Compagnie P. L. M. ont la libre entrée des usines de fabrication et d'épuration des huiles et des magasins à graines et à huile qui en dépendent.

Ils doivent être avisés de tous les arrivages de graines destinées à la fabrication des huiles pour la Compagnie P. L. M., et ils s'assurent, par les pièces officielles qui leur sont soumises, de l'origine et de la provenance de ces graines; ils procèdent à leur examen et refusent toutes celles qui ne rempliraient pas les conditions indiquées à l'article 2 ci-dessus.

Il doit être donné aux agents de la Compagnie toutes facilités pour se rendre compte des quantités journalières de graines arrivées ou traitées, d'huiles obtenues ou épurées.

Ils doivent être prévenus chaque fois que l'usine fabriquera ou épurera des huiles pour la Compagnie P. L. M.; ils s'assurent alors que les graines employées sont bien des graines acceptées antérieurement, que la fabrication et l'épuration sont conduites comme il est dit à l'article 4 ci-dessus, que l'huile soumise à l'épuration provient exclusivement du réservoir à huile brute spécialement affecté aux huiles destinées à la Compagnie P. L. M., et qu'aucune huile étrangère n'est ajoutée au cours de l'opération.

Ils s'assurent, en outre, que les huiles versées dans les récipients spéciaux à la Compagnie P. L. M. satisfont bien à toutes les conditions et possèdent bien toutes les qualités et propriétés énumérées à l'article 3 ci-dessus, que ces récipients sont bien maintenus constamment pleins et que les huiles expédiées à la Compagnie P. L. M. en proviennent exlusivement.

Ils refusent toutes les huiles qui n'auraient pas toutes ces propriétés et qualités, ou bien qui auraient été préparées, épurées ou conservées dans des usines dont la disposition ne permettrait pas de suivre facilement et complètement la fabrication ou l'épuration, ainsi que toutes les manipulations et transvasements aux quels elles donnent lieu.

Pour toutes ces vérifications, ils prennent tels échantillons de graines ou d'huiles et procèdent à tels essais, plombages ou scellements de robinets ou de cuves qu'il convient; le fournisseur doit leur donner à cet effet toutes les facilités désirables.

Lors de l'expédition des huiles à la Compagnie P. L. M. ou à l'usine d'épuration, ils assistent au remplissage des fûts et procédent à leur scellement ou à leur plombage comme il convient. Ces scellements ou plombages doivent être intacts à l'arrivée dans les magasins de la Compagnie P. L. M. ou à l'usine d'épuration.

Art. 6. Au cours de la fabrication de l'huile, et au moment où ils le jugent convenable, les agents de la Compagnie assistés du fournisseur ou de son représentant, prélèvent des échantillons-types qu'ils soumettent aux essais indiqués à l'article 3 ci-dessus; après s'être assurés que ces échantillons satisfont à ces essais, ils les mettent dans des bouteilles qui sont cachetées et scellées à leur marque et à celle du fournisseur et qui sont munies d'étiquettes revêtues de leur signature et de celle du fournisseur, indiquant la nature de l'huile, la date de la prise de l'échantillon et les conditions particulières dans les quelles cette prise a été effectuée.

Il est prélevé ainsi au moins trois échantillons de 1 litre pour chaque fourniture partielle, dont deux sous presse et le troisième au moment du scellement pour l'expédition.

Ces trois échantillons sont expédiés au Magasin général de la Compagnie, l'un d'eux pris sous presse, pour servir de point de comparaison lors de la réception définitive de l'huile, les deux autres pour servir ultérieurement de types en cas de besoin.

Spécification pour la fourniture de l'huile de Mazout.

L'huile faisant l'objet de cette fourniture devra provenir exclusivement de la distillation des huiles de naphte naturelles de Russie, c'est le résidu que l'on obtient après la séparation des essences et huiles lampantes et auquel on donne le nom de Mazout.

Les huiles de naphte de Russie devront être pures et ne contenir aucun mélange d'huiles de Schiste ou de Boghead, ni d'huiles végétales, animales, ou de résine d'aucune espèce. Elles seront parfaitement débarrassées d'eau et complètement exemptes d'autres matières étrangéres.

Elles devront être suffisamment reposées et décantées pour qu'on ne puisse y constater la présence d'aucune matière solide, grumeaux, etc., en suspension ou susceptibles de donner lieu à un dépôt dans un délai de 48 heures.

Toutes ces huiles seront neutres aux réactifs colorés et n'attaqueront pas les métaux tels que le fer et le cuivre.

Elles ne devront présenter aucun indice de siccativité ou de dénaturation sous l'influence des seuls agents atmosphériques ou de l'agitation.

Elle sera d'une couleur noir brun; sa densité, mesurée à + 15 °c, devra être comprise entre 0,910 et 0,915.

A la température de 10° au dessous de 0, l'huile devra être encore liquide.

L'élévation de température obtenue par l'agitation énergique de 50 grs d'huile de Mazout avec 10 cc d'acide sulfurique à 66° Bé devra être au plus égal à 8°.

Elle ne devra pas dégager de vapeurs inflammables à une température inférieure à 135°, le point d'inflammabilité étant constaté au moyen de l'appareil Luchaire, nouveau modèle, en substituant un bain d'huile au bain-marie, et en chauffant assez lentement pour que, pendant les 5 minutes qui précèdent l'explosion, la température ne s'élève plus que de deux degrés par minute.

Essayée à l'ixomètre L. Barbey, sous la pression constante de 0m,10 de liquide à la température fixe de 35°, l'huile devra donner 50° de fluidité sans tolérance au-dessus (soit un débit de 50 centimètres cubes à l'heure, mesurés à la température de l'expérience), et 500° de fluidité à la température de 100° soit un débit de 500 centimètres cubes à l'heure, mesurés à la température de l'expérience.

Sous l'influence de la capillarité, une mèche (1re qualite, ½ soie) pour lampes Carcel de 13 lignes et longue de 0m,065, soutenue par une douille intérieure cylindrique de 0m,017 de diamètre, devra être complètement imbibée d'huile dans un délai de 5 heures au plus tard à la température ambiante normale (15 à 20 °c). Au début de cette expérience, on plonge exactement l'extrémité inférieure de la mèche d'un centimètre dans l'huile, on constate que cette dernière a terminé son ascension lorsqu'elle vient former une tache grasse sur un papier de soie soutenu par le bout supérieur de la mèche.

L'huile de Mazout agitée énergiquement à la température de 100° avec son volume d'eau et abandonnée au repos pendant 12 heures ne doit pas donner lieu à un émulsion persistante.

Spécification pur la fourniture des huiles de goudron de bois de seconde distillation.

Les huiles de goudron de bois de seconde distillation proviennent exclusivement de la distillation des goudrons de bois.

Leur densité est comprise entre 1,050 et 1,075, mesurée à 15° centigrades.

Leur point d'inflammabilité, déterminé à l'appareil Luchaire, est d'au moins 70°.

Leur point d'inflammation, c'est-à-dire la température à laquelle les huiles de goudron dovient être portés pour qu'à l'approche d'une flamme elles prennent feu, ne doit pas être inférieur à 85°.

Un quart de gramme (0,250 gr) de l'huile étant étendu de 6 centimètres cubes d'alcool à 90° rigoureusement neutre, et de 60 centimètres cubes d'eau distillée, on y ajoute quelques gouttes d'une solution alcoolique phtaléïne du phénol, puis on verse goutte à goutte au moyen d'une burette graduée et en agitant le mélange une solution alcaline préparée avec un mélange à parties égales d'alcool à 90° et d'eau distillée et renfermant pour 100 centimètres cubes, 1,15 gr de soude caustique hydratée pure ou 1,61 gr de potasse caustique hydratée pure. La coloration rose doit être persistante avant que l'on ait employé 1 centimètre cube de cette solution alcaline.

La teneur en phénols doit être de 50% au minimum. Cette teneur est déterminée par la méthode indiquée ci-dessous.

La Compagnie se réserve le droit de faire surveiller par un agent de son choix, la fabrication des huiles qu'elle commandera.

Dans un entonnoir à décantation d'un litre environ, on introduit 100 grammes de l'huile à essayer puis 200 centimètres cubes de lessive de potasse à 15° environ (d.-1.-13).

On agite énergiquement et après repos complet ou décante la couche inférieure aussi exactement que possible, et on la met de côté dans une fiole bouchée.

L'huile restante est de nouveau épusée à deux reprises différentes par 50 centimètres cubes puis 25 centimètres cubes de lessive, de façon à éliminer toute la partie soluble. La lessive qui se sépare en dernier lieu doit être faiblement colorée en jaune brun, sinon il y aurait lieu de faire un quatrième épuisement avec 25 centimètres cubes de potasse.

Toutes ces lessives alcalines sout réunies à la première et, afin d'éliminer l'huile neutre qu'elles peuvent renfermer (par émulsion ou dissolution directe), on les épuise avec 50 centimètres cubes de benzine cristallisable, que l'on joindra à l'huile neutre mise de côté.

La solution alcaline est alors acidifiée nettement par l'acide chlorhydrique qui précipite la majeure partie des phénols.

Après repos complet on sépare, au moyen de l'entonnoir à décantation, la couche aqueuse inférieure d'avec les phénols surnageants.

Cette liqueur aqueuse est épuisée trois fois avec 50 centimètres cubes, 25 centimètres cubes et 25 centimètres cubes de benzine cristallisable pour lui enlever les phénols qu'elle tient en solution et la benzine ayant servi à l'épuisement est jointe à la portion des phénols déja séparés.

Pour isoler de cette solution les phénols seuls, on les rectifie très lentement après filtration dans un ballon taré de façon à chasser toute la benzine et l'eau sans entraîner, autant que possible, les phénols. La température de distillation doit aller jusqu'à 150°.

L'augmentation de poids du ballon donne la quantité de phénols contenus dans l'huile lourde.

Comme malgré toutes les précautions il peut y avoir une petite quantité de phénols entraînés lors de la distillation, la benzine distillée est épuisée à deux reprises avec 10 centimètres cubes de potasse que l'on sépare et acidifie comme précedement.

Il n'y a plus qu'à peser la petite quantité de phénols ainsi séparés et dont on peut négliger la solubilité dans le faible volume de liquide aqueux restant. Le poids ainsi trouvé est ajouté à celui déjà trouvè pour les phénols et on a ainsi la quantité totale contenue dans l'huile.

Spécification la fourniture de l'huile de Schiste.

Cette huile devra remplir les conditione suivantes;

1° Etre de couleur jaune,
2° Avoir une densité, à 15°, de 0,890,
3° Ne pas renfermer d'huile légère,
4° Ne pas dégager de vapeurs inflammables à une température inférieure à 110°,
5° Demeurer liquide à 0°.

Analysendaten verschiedener auf dem Markt befindlicher Schmieröle.

Nachstehende Tabellen enthalten eine Reihe von Analysendaten verschiedener auf dem Markt befindlicher Fabrikate, soweit solche dem Verfasser zugängig waren. Die Daten sind teils nach brieflichen, teils nach Katalogangaben der betreffenden Firmen zusammengestellt; bei der Veränderlichkeit, der die einzelnen Fabrikate unterworfen sind, kann natürlich eine absolute Verbindlichkeit nicht übernommen werden, doch bieten sie immerhin Gelegenheit, eine Reihe von Fabrikaten näher kennen zu lernen und die Auswahl zu erleichtern.

I. Dampfzylinderöl

Bezeichnung der Öle	Fabrikant bzw. Lieferant
Amerikanische Zylinderöle:	
American Ventiline Comp. Cyl. Oil	Aetna Oil Works der Börne Scrymser Co. in Neuyork
Brillant Zylinderöl	Ernst Schliemanns Ölwerke, Hamburg
Dark Special Cyl. Oil I . . .	Emil Finke, Bremen
Dark Special Cyl. Oil II . .	" " "
Dark Vacuum Comp. Cyl. Oil	New Jersey Refinery, Neuyork
Extra Compound Cyl. Oil . . .	" " " "
Extra dark Valve Cyl. Oil . .	" " " "
Extra Valve Cyl. Oil	" " " "
Extra Zylinderöl A Comp. . .	Ernst Schliemanns Ölwerke, Hamburg
Extra Zylinderöl AA Comp. .	" " " "
FF Valve Zylinderöl (filtriert) .	" " " "
FFF Valve Zylinderöl (filtriert)	" " " "
Filtered Zylinderöl A	" " " "
Filtered Zylinderöl AA . . .	" " " "
Filtered Zylinderöl C	" " " "
Filtered Zylinderöl CT	" " " "
Filtered Zylinderöl D	" " " "
Light Special Cyl. Oil I (filtriert)	Emil Finke, Bremen
Light Special Cyl. Oil II (filtriert)	" " "
Oceana AA (filtriert)	" " "
Oceana G	" " "
Oceana H	" " "
Superior Zylinderöl I Comp. . .	Ernst Schliemanns Ölwerke, Hamburg
Superior Zylinderöl II Comp. .	" " " "
Vakuum Zylinderöl Extra . . .	" " " "
Vakuum Zylinderöl I	" " " "
Vakuum Zylinderöl II	" " " "
Valvoline Zylinderöl Adlermarke .	Franz Sanders, Hamburg
Valvoline Zylinderöl AA (hell) .	Valvoline Oil Company vorm. Leonhard & Ellis (Neuyork), G. m. b. H. in Hamburg.
Valvoline Zylinderöl C (hell) . .	
Valvoline Zylinderöl FS (hell) .	
Valvoline Zylinderöl SS (hell) .	
Valvonit Compound Zylinderöl .	New Jersey Refinery, Neuyork
Valvonit Cyl. Oil AA	" " " "
Ventiline Compound Cyl. Oil . .	Aetna Oil Works der Börne Scrymser Comp. in Neuyork
Zylinderöl SW	Deutsche Vacuum Oil Co., Hamburg

ür gesättigten Dampf.

Spez. Gewicht bei 15° C	Flammpunkt	Brennpunkt	Viskosität bei 50° C	Viskosität bei 100° C	Geeignet für
0,906	232	336	19,8	3,35	
0,905	310	360		5,45	schwerste Betriebe
0,900	305	350	35	5,0	sehr schweren Betrieb
0,905	300	330	30	4,0	schweren Betrieb
0,900	305	355		3,50	Maschinen bis 14 Atm.
0,890	270	307		2,87	
0,910	331	379	63,1	6,5	
0,890	295	330		3,20	
0,890	260	295		2,96	schwere Betriebe
0,890—0,895	265	300		3,35	schwere Betriebe
0,890	275	320		3,47	schwere Betriebe
0,890—0,895	295	335		3,52	ziemlich schweren Betrieb
0,890—0,895	269	316		3,18	
0,890—0,895	295	342		3,97	
0,890	274	318		3,48	
0,890	265	308		3,02	leichte Zylinder
0,890	262	306		2,97	
0,895	320	350	30	4,0	schweren Betrieb
0,890	300	320	22	3,0	
0,895	300	325	23	3,0	
0,905	300	330	25	4,0	mittleren bis schweren Betrieb
0,900	290	320	24,5	3,75	mittleren und leichten Betrieb
0,890—0,895	295	340		4,24	sehr schwere Betriebe
0,890—0,895	280	325		3,65	sehr schwere Betriebe
0,900	290	325		4,54	schwere und schwerste Betriebe
0,900	285	325		3,94	schwere Betriebe
0,900	280	320		3,70	mittlere Betriebe
0,900	275	330		3,51	
0,888	245	280		3,13	
0,890	245	280		3,38	
0,890	235	275		2,45	
0,885	245	275		2,65	
0,890—0,895	265	300		3,35	
0,893	266	325	16,9	3,10	
0,915	243	296	3,0		
0,900	272	336		3,87	

Bezeichnung der Öle	Fabrikant bzw. Lieferant
Russische Zylinderöle:	
Zylinderöl AA (hell)	Mineralölwerke Albrecht & Co., Hamburg
Zylinderöl B	
Zylinderöl C	J. N. Ter-Akopoff, Nishni-Nowgoro
Zylinderöl °C	" " " " "
Zylinderöl Cyclop	Mineralölwerke Albrecht & Co., Hamburg
Zylinderöl Economic (hell)	
Zylinderöl Quadruple	
Zylinderöl Nobel 0	Naphta-Produktions-Ges. Gebr. Nobel, St. Petersburg
Zylinderöl Nobel 00	

II. Dampfzylinderöl

(Nur amerikanisch

Bezeichnung der Öle	Fabrikant bzw. Lieferant
Dark Mineral-Heißdampf-Zylinderöl	New Jersey Refinery, Neuyork
Heißdampf-Zylinderöl	Tide Water Oil Co, Neuyork
Heißdampf-Zylinderöl LL	Ernst Schliemanns Ölwerke, Hamburg
Heißdampf-Zylinderöl LLL	" " "
Special Vacuum Mineral Cyl. Oil	New Jersey Refinery, Neuyork
Vakuum-Zylinderöl Löwenmarke XX	Emil Finke, Bremen
Vakuum-Zylinderöl Löwenmarke XXX	" " "
Valvoline-Zylinderöl RRR	Valvoline Oil Co., vorm. Leonhard & Ellis (Neuyork) G. m. b. H., Hamburg
Valvoline-Zylinderöl T	
Zylinderöl Hecla	Deutsche Vacuum Oil Co., Hamburg

III. Zylinderöle für

Bezeichnung der Öle	Fabrikant bzw. Lieferant
Automobilöl Hurry	Mineralölwerke Albrecht & Co., Hamburg
Dieselmotorenöl Siegfried	Emil Finke, Bremen
Gasmotorenöl I	Mineralölwerke Albrecht & Co., Hamburg
Gasmotorenöl II	
Gasmotorenöl I	Ernst Schliemanns Ölwerke, Hamburg
Gasmotorenöl II	" " " "
Motorenöl Genius	Emil Finke, Bremen
Motor-Zylinderöl	Deutsche Vacuum Oil Co., Hamburg
Motoren-Zylinderöl N (hell)	H. Möbius & Sohn, Hannover
Motoren-Zylinderöl Simson	Emil Finke, Bremen

Spez. Gewicht bei 15° C	Flammpunkt	Brennpunkt	Viskosität bei 50° C	Viskosität bei 100° C	Bemerkungen
,910—0,920	220	270	12	2,3	
,920—0,930	220	260	33	3,3	
,912—0,915	240	270		2,84	geeignet für mittleren Betrieb
,910—0,912	220	250		2,25	geeignet für leichtere Betriebe
,925—0,935	250	290	75	5,2	
915—0,925	265	310	25	2,9	
925—0,935	265	310	35	3,5	
913—0,914	223	267	12,5	2,1	
914—0,916	240	270	16,0	2,5	

r Heißdampf.

ne Mineralöle.)

Spez. Gewicht bei 15° C	Flammpunkt	Brennpunkt	Viskosität bei 50° C	Viskosität bei 100° C	Bemerkungen
0,903	330	380		6,5	
0,900	325			5,9	
0,905	350	395		6,9	
900—0,905	340	385		6,6	
0,890	334	384		6,8	
0,905	335	385	54	6,7	geeignet für hohen Druck
0,903	325	370	40	5,8	
0,900	285	327			
0,905	307	375			
0,905	295	384		6,5	

rbrennungskraftmaschinen.

Spez. Gewicht bei 15° C	Flammpunkt	Brennpunkt	Viskosität bei 50° C	Viskosität bei 100° C	Bemerkungen
0,905	205		8		Kältepunkt —6° C
0,908	220	280	5,5		geeignet für für Dieselmotor e
0,911	206	241	5,8		Kältepunkt —12° C
0,909	204	240	6,0		Kältepunkt —15° C
0,900	215	245		5,23	
0,900	200	230		4,60	
0,885	225	280	4,7		} geeignet für Zylinder- u. Lager-
0,885	205	273		1,70	schmierung
0,893	235	285		2,60	
0,905	210	260	7,5		geeignet nur für Zylinder

IV. Öle für Maschinenlage

Bezeichnung der Öle	Fabrikant bzw. Lieferant
Achsenöl	Mineralölraffinerie Idaweiche
Bakuin IaIa	
Bakuin AA I_0	Mineralölwerke Albrecht & Co Hamburg
Bakuin AA II	
Bakuin AA III	
Kraftöl Extra	
Kraftöl I	
Löwenmarke I	Emil Finke, Bremen
Löwenmarke II	" " "
Maschinenöl I	Mineralölraffinerie Idaweiche
Maschinenöl Nobel I	
Maschinenöl Nobel B	
Maschinenöl Nobel C	Naphta Produktions-Gesellsch Gebr. Nobel in St. Petersb
Maschinenöl Nobel D	
Maschinenöl Nobel extra . . .	
Maschinenöl Nobel Z	
Maschinenöl Nr. 110	Triester Mineralölraffinerie, Triest
Maschinenöl Nr. 111	
Turbinenöl	Emil Finke, Bremen
Motorenlageröl Siegfried . . .	" " "
Valve Maschinenöl A comp. . .	Aetna Oil Works, Neuyork
Waggonöl extra	Gebrüder Nobel, St. Petersb

nd Transmissionen.

Spez. Gewicht bei 15° C	Flammpunkt	Brennpunkt	Viskosität bei 50° C	Viskosität bei 100° C	Bemerkungen
0,910	155	180	10,0		Kältepunkt —20° C für Wagenachsen
909—0,912	220	250	9,0		Kältepunkt —6° C für schwerste Maschinen
906—0,908	200	240	7,0		Kältepunkt —15° C für Maschinen aller Art
902—0,905	190	220	5,0		Kältepunkt —17° C
900—0,903	185	215	4,0		Kältepunkt —18° C
940—0,945	185	220	7,0		Kältepunkt —10° C
933—0,938	185	220	5,5		Kältepunkt —10° C
0,906	212	255	7,6		für schwere Maschinen
0,890	220	278	5,0		für schwere Maschinen
905—0,908	185	220	6,0		
908—0,909	205	250	7,0		bei —17° C dickflüssig
902—0,903	192	222	5,0		für leichte Maschinen bei —19° C dickflüssig
0,909	206	245	7,5		für schwere Maschinen bei —16° C dickflüssig
12—0,913	223	267	12,5	2,1	für schwere Maschinen bei —12° C sehr dickflüssig
10—0,912	220	257	10,0	2,0	bei —12° C sehr dickflüssig
0,910	208	247	8,0		bei —15° C sehr dickflüssig
0,905	180	200			Viskosität = 16,0 bei 20° C
0,905	185	210			Viskosität = 24,0 bei 20° C
0,905	190	248	3,5		für Dampfturbinen
0,910	205	260	5,0		besonders für Verbrennungs-kraftmaschinen
0,908	177	216	13,0		bei —16° C eben noch langsam fließend

V. *Öle für Schiffsmaschinen.*

Bezeichnung der Öle	Fabrikant bzw. Lieferant	Spez. Gew. bei 15° C	Flammpunkt	Brennpunkt	Viskosität bei 50° C	Viskosität bei 100° C
I. Zylinderöle:						
Löwenmarke dunkel	Emil Finke, Bremen	0,900	320	355		6,0
Löwenmarke hell .	„ „ „	0,890	280	315		3,0
Marine filtered Valve Cyl. Oil	Mineralölwerke Albrecht & Co., Hamburg	0,890	290	332		4,0
II. Maschinenöle:						
Marineöl	Ernst Schliemanns Ölwerke, Hamburg	0,900	240	280	12,78	
Marineöl I . . .	Mineralölwerke Albrecht & Co., Hamburg	0,918	200	236	8,4	
Marineöl II . . .	Mineralölwerke Albrecht & Co., Hamburg	0,915	200	236	7,5	
Marineöl Crown I	Ernst Schliemanns Ölwerke, Hamburg	0,925	200	230	9,68	
Marineöl Crown II	dieselben	0,920	200	230	8,40	
Marineöl Double Crown I . . .	dieselben	0,940	200	230	11,63	
Marineöl Ozeana .	Emil Finke, Bremen	0,925	215	260	6,7	
Marineöl Royal Extra	Ernst Schliemanns Ölwerke, Hamburg	0,925	220	260	7,4	
Marineöl Royal I	dieselben	0,920	200	230	6,43	
Marineöl Royal II	dieselben	0,915	200	230	5,44	
Neox	B. R. Vickers & Sons in Leeds	0,903	204			
Nr. 83	Triester Mineralölraffinerie, Triest	0,910	220	250	9,0	

VI. Öle für Kompressoren und Kältemaschinen.

Bezeichnung der Öle	Fabrikant bzw. Lieferant	Spez. Gew. bei 15° C	Flammpunkt	Brennpunkt	Viskosität bei 50° C	Erstarrungspunkt
Eismaschinenöl (rot) . . .	Emil Finke, Bremen	0,890	162	186	2,4	—20
Kompressorenöl Nr. 50 . . .	Triester Mineralölraffinerie, Triest	0,885	160	180	3 [1]	—18
Kompressorenöl	Mineralölraffinerie Idaweiche	0,907	175	210	5,0	—15
Kompressorenöl	Mineralölwerke Albrecht & Co. in Hamburg	0,885—0,890	160	185	2,0	—22
Luftkompressoröl	Emil Finke, Bremen	0,875	220	250	3,5	
Valvoline Ice Machine Oil	Valvoline Oil Co., Hamburg	0,859	126	157	7,8	—32

[1]) Bezogen auf Wasser von 20° C.

VII. Öle für Dynamomaschinen.

Bezeichnung der Öle	Fabrikant bzw. Lieferant	Spez. Gew. bei 15° C	Flammpunkt	Brennpunkt	Viskosität bei 50° C	Viskosität bei 20° C
Dynamoöl . . .	Mineralölwerke Albrecht & Co. . . .	0,902	178	210	3,15	
Dynamoöl . . .	Emil Finke, Bremen .	0,870	225	260	3,3	
Maschinenöl Nr. 108	Triester Mineralölraffinerie Triest	0,905	170	190		8,0
Maschinenöl Nr. 109	Triester Mineralölraffinerie Triest	0,905	175	200		12,0
Mineral-Dynamoöl	Mineralölraffinerie Idaweiche	0,905	165	190	3,5	
Valvoline-Dynamoöl A	Valvoline Oil Co. vorm. Leonhard & Ellis, Hamburg	0,875	185	229		
Valvoline-Dynamoöl D	Valvoline Oil Co. vorm. Leonhard & Ellis, Hamburg	0,867	181	221		

VIII. Öle für Textilmaschinen.

Bezeichnung der Öle	Fabrikant bzw. Lieferant	Spez. Gew. bei 15°	Flammpunkt	Brennpunkt	Viskosität bei 50° C	Erstarrungspunkt
Bakuin A I . .	Mineralölwerke Albrecht & Co. Hamburg	0,898—0,899	180	220	3,4	—21
Bakuin A II .		0,890—0,895	160	200	2,4	—2[illegible]
Leichter raffin. Spindelöl . .	Naphta Prod. Ges. Gbr. Nobel Petersburg	0,884—0,885	148	172	1,8	—2[illegible]
Spindelöl Nobel II		0,898—0,899	185	220	3,35	
Spindelöl Nr. 101	Triester Mineral-ölraffinerie, Triest	0,885	160	180	3 [1])	
Spindelöl Nr. 106		0,900	170	190	5 [1])	

[1]) Bezogen auf Wasser von 20° C.

Alphabetisches Sachverzeichnis.

[1]) Siehe auch unter „K“
[2]) Betreffs Erdöl u. dgl. siehe auch „Petroleum“.

J.

K.

L.

[1]) Siehe auch Erdöl.

S.

Sch.

St.

T.

U.

V.

W.

X.

Z.

Druck von F. E. Haag, Melle i. H.